www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

13e JAARGANG No. 4-5, blz. 97-144 APRIL-MEI 1951

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

PHILIPS' 60-JARIG JUBILEUM

Nu in de maand Mei het 60-jarig bestaan van de Philips-fabrieken te Eindhoven gevierd zal worden, wil ook de Redactie van het Philips Technisch Tijdschrift gaarne aan deze viering meedoen door de uitgave van dit Jubileumnummer. In jaargang 1941 van ons tijdschrift zal men te vergeefs zoeken naar de een of andere vermelding van het 50-jarig bestaan in Mei van dat jaar. Onder de druk der bezetting werd dit feit slechts in een korte en sobere bijeenkomst van Directie en Staf herdacht. Toch kwam het die dag tot een uitbundige feestviering; geheel onverwacht en spontaan lieten de tienduizenden van het Philips-personeel hun werk in de steek, en gaven in optocht en gejuich uiting aan hun vreugde — en aan hun nationale gevoelens. Na enkele uren sloot bijkans de ganse Eindhovense bevolking zich van harte bij deze betoging aan. Dat, weer enkele uren later, dit grandioze feest tot een abrupt einde kwam door dreiging met geweld en verbodsafkondigingen, doet niets af aan het feit dat die Meidag 1941 door heel velen tot een der schoonste dagen van hun leven wordt gerekend. Waar thans, bij het 60-jarig bestaan, de vrijheid in ons land weer bloeit, is er alle aanleiding tot een feestelijke herdenking van de voorbijgegane jaren, ook in dit Jubileumnummer. Een beschrijving der historie van het gehele Philips-bedrijf zal hier echter niet gegeven worden; op andere wijze wordt daarin voorzien. Wij meenden het

Spontane feestvreugde bij het 50-jarig bestaan van de Philips-fabrieken.

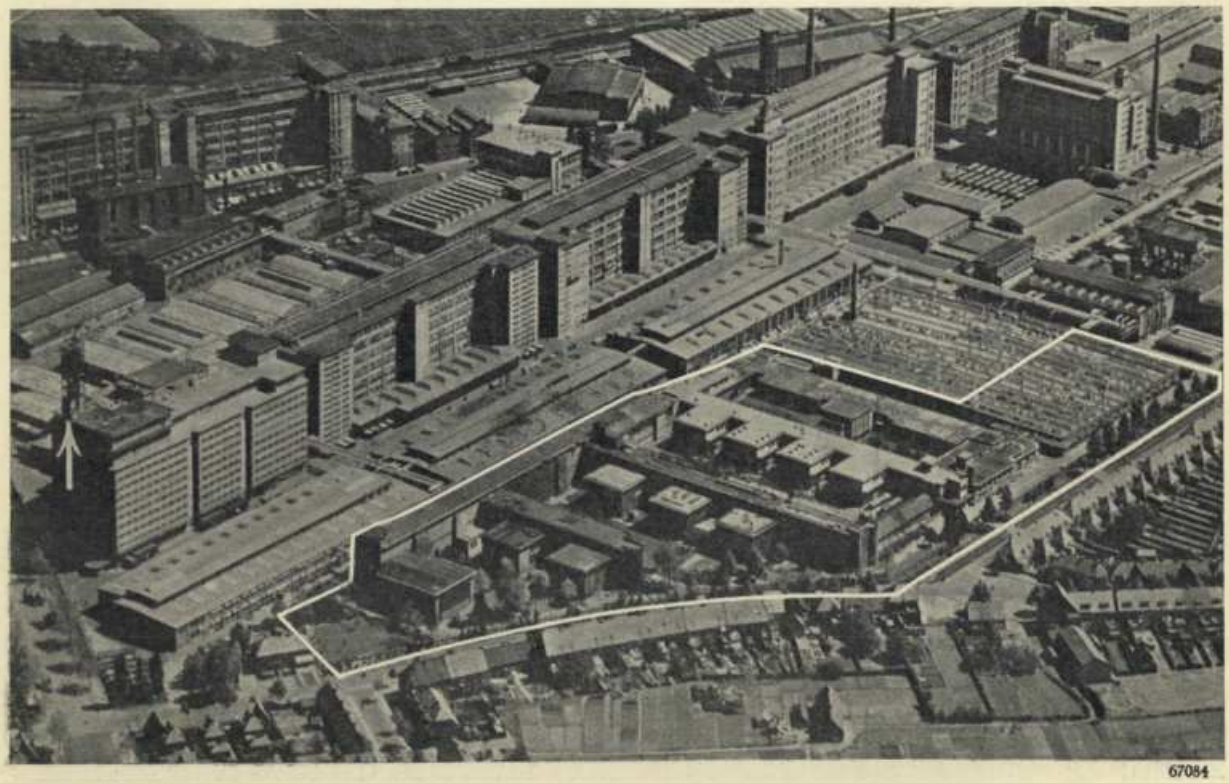
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

beste te doen, hier alleen enige kanten te laten zien van het onderzoekingswerk, zoals dat — van omstreeks 1910 af — hoofdzakelijk in het Natuurkundig Laboratorium werd verricht, en de betekenis van dit werk voor ons bedrijf te belichten. Dr. W. de Groot, die sinds 1923 aan het laboratorium is verbonden, en die dus persoonlijk van de ontplooiing van dit onderzoekingswerk voor een belangrijk gedeelte getuige is geweest en zelf waardevolle bijdragen daartoe heeft geleverd, vonden wij bereid een overzicht in de hier bedoelde zin te schrijven. Een volledige, en daardoor allicht dorre, opsomming van al het verrichte speurwerk zal men in dit overzicht niet vinden; men zie het meer als een geïllustreerd verhaal over het laboratorium, waarin in het bijzonder de veelsoortigheid der problemen en de vaak onverwachte nieuwe mogelijkheden naar voren komen.

Ten slotte willen wij, Redactie en medewerkers van dit tijdschrift, aan Dr. A. F. Philips, een der beide grondleggers van het bedrijf, en verder aan de Raad van Bestuur, en aan allen die door hun volhardend werken tot de groei en bloei der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken het hunne hebben bijgedragen, bij dit 60-jarig jubileum onze welgemeende gelukwensen bieden.

DE REDACTIE.



Luchtfoto van een gedeelte van het Complex Strijp der Philips-fabrieken te Eindhoven.
Het Natuurkundig Laboratorium is omlijnd. Geheel links, boven de pijl, de toren met de televisie-antenne.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK BIJ DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN 1891-1951

INLEIDING

Met de uitvinding, in het begin van de 19e eeuw, van de zuil van *Volta* en van de galvanische batterij, waardoor een stroombron ter beschikking kwam van binnen zekere grenzen onbepaald hoge spanning en relatief kleine inwendige weerstand, was in principe tevens de mogelijkheid van het electrische licht gegeven. *Davy* (1808) liet een stroom gaan door lucht tussen koolstaven van enkele mm doorsnede. De uiteinden van de koolstaven en het gas van de ontladingsbaan straalden daarbij een helder licht uit. Verwijderde men de koolspitsen tot op een afstand van enkele cm, dan nam, ten gevolge van de convectie, de ontlading de vorm aan van een boog (omgekeerde U). Deze naam is later overgegaan op alle gasontladingen met hoge stroomdichtheid en met thermisch emitterende kathode.

De koolboog is in zekere zin de voorloper van de moderne gasontladingslampen en, voor zover het licht afkomstig is van de gloeiende koolspitsen, ook van de gloeilamp. Een tweede voorloper van de gloeilamp is de platinadraad die door een electrische stroom tot gloeien wordt gebracht, een experiment dat ook reeds door *Davy* (1802) werd uitgevoerd. Koolbooglampen waren omstreeks 1850 bekend, en, zoals later gebleken is bij het befaamde proces tussen *Edison* en *Goebel* (1893), waren toen ook electrische gloeilampen reeds vervaardigd. Deze lichtbronnen werden met galvanische batterijen gevoed. De invoering van het electrische licht op grote schaal wachtte echter op de uitvinding van de dynamo (*Siemens* 1866, *Gramme* 1869). Zo zien wij dan in 1879 enerzijds de differentiaalbooglamp van *Von Hefner-Alteneck* ontstaan en anderzijds de kooldraadlamp van *Edison*, welke op de Parijse tentoonstelling van 1881 werd gedemonstreerd, tezamen met de machines voor de stroomopwekking en de hulpmiddelen voor de distributie. Deze tentoonstelling trok overal belangstelling, o.a. in Duitsland, waar *E. Rathenau* kort daarop de A.E.G. oprichtte.

Een en ander interesseerde in hoge mate de Nederlander Gerard Leonard Frederik Philips, geboren 10 September 1858 te Zaltbommel. Deze studeerde aan de Polytechnische School (thans Technische Hogeschool) te Delft, alwaar hij in 1883 het ingenieursdiploma verwierf. Kort daarna kreeg hij de gelegenheid in Glasgow de electrische verlichtingsinstallatie van schepen te verzorgen. Daar maakte hij ook kennis met *William Thomson* (*Lord Kelvin*), die eveneens grote belangstelling had voor het electrische licht. Later voerde hij voor *Rathenau* te Berlijn besprekingen tussen de A.E.G. en de gemeente Amsterdam over een electrisch verlichtingsproject, welke besprekingen niet tot het gewenste resultaat voerden, daar zij afstuitten op de hoge prijs per kWh (fl. 0,60) die de A.E.G. vroeg.

In 1890, toen in Parijs reeds 6800 booglampen en 118000 gloeilampen brandden, de vier Berlijnse centrales 3000 booglampen en 70000 gloeilampen verzorgden, en in Londen een centrale in aanbouw was die 600000 lampen van 10 kaars zou kunnen voeden, terwijl in Amerika reeds 23 500 booglampen en 2800000 gloeilampen geïnstalleerd waren, vatte Ir Philips het plan op in Nederland, naast de reeds bestaande fabrieken van *Pope*, *De Kothinski* e.a., een nieuwe gloeilampenfabriek op te richten. Dit plan werd in de maand Mei 1891 in werkelijkheid omgezet, toen de fabriek in Eindhoven in gebruik werd gesteld. G. L. F. Philips en zijn jongere broer Anton Frederik Philips, die in 1895 in de firma werd opgenomen, maakten in de loop der jaren van dit kleine bedrijf, met een aanvankelijk kapitaal van 75000 gulden, een wereldconcern, waarvan parallellen slechts sporadisch te vinden zijn.

Het ligt niet in onze bedoeling in het volgende een geschiedenis van dit concern te schrijven, daar men deze in een binnenkort verschijnend boekwerk zal kunnen vinden. In plaats daarvan willen wij ons bepalen tot een overzicht van de ontwikkeling van het wetenschappelijk onderzoek, zowel zuiver als toegepast, bij de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, in het bijzonder zoals dit is uitgevoerd in het in 1914 gestichte Natuurkundig Laboratorium.

Het eerste researchwerk in verband met het Philips-bedrijf werd door Gerard Philips zelf verricht. Reeds vóór de oprichting van de fabriek maakte deze zich in een primitieve werkplaats in de ouderlijke woning met het praepareren van de kooldraad en diverse andere bewerkingen vertrouwd. „I am able to produce perfectly homogeneous cellulose filaments on a business scale" schreef Ir Philips in Nov. 1890 aan een der vele personen met wie hij in onderhandeling was voor het oprichten van de nieuwe fabriek. Wanneer men zich

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Ir G. L. F. Philips bij zijn eerste proeven ter vervaardiging van kooldraden uit cellulose (1890).

echter voor ogen stelt, welk een veelomvattende taak het besturen van een zich snel ontwikkelend jong bedrijf is en daarbij bedenkt dat vóór 1895 het commerciële gedeelte en de bedrijfsleiding in één hand waren, dan begrijpt men dat dit onderzoekingswerk zich aanvankelijk tot het allernodigste heeft beperkt. Technische en wetenschappelijke hulp werd dan ook spoedig nodig, vooral toen sinds 1903 nieuwe materialen, zoals osmium, tantalium en wolfraam, waarvan het laatste het gloeidraadmateriaal van de toekomst zou blijken te zijn, hun intrede deden in de gloeilampenindustrie. Omstreeks 1907, toen men begon gloeilampen te maken met een zg. gespoten wolfraamdraad, traden de heren P. N. L. Staal, A. de Broekert en H. Gooskens als assistenten van Gerard Philips in dienst *), in 1908 resp. 1909 de technologen J. C. Lokker en A. de Graaff en kort daarna de werktuigkundigen H. de Jong, H. Reufel en W. Koning. Reeds in December 1911 gelukte het de broze gespoten draad te vervangen door de stevige getrokken draad.

Wij zien dus dat zich reeds een technische staf van zekere omvang, bestaande uit werktuigkundigen en chemici, had gevormd. De behoefte om daarnaast de beschikking te hebben over physici deed zich gevoelen toen in 1913 een nieuwe verbetering op gloeilampengebied zich aankondigde, nl. de met gas gevulde lamp.

In het laboratorium van de General Electric Company te Schenectady (U.S.A.), waar het werk van *Edison* werd voortgezet en waar men wel over physici beschikte, had in 1909 *Coolidge* een geheel nieuwe methode gevonden om wolfraam tot sterke dunne draden te trekken. Spoedig volgde in 1913, in hetzelfde laboratorium, de uitvinding van *I. Langmuir*, welke de tot een schroeflijn („spiraal") gewikkelde gloeidraad in een indifferente gasatmosfeer liet gloeien. Daardoor werd de verdamping van het wolfraam tegengegaan en werd het dus mogelijk de gloeidraad een hogere temperatuur te geven en daarmee het lichtrendement van de lampen aanzienlijk te vergroten. Binnen zeer korte tijd volgden in hetzelfde laboratorium nog een aantal uitvindingen, zoals de röntgenbuizen met gloeikathode en de gelijkrichtbuizen met gasvulling.

Reeds in November 1913 bracht ook Philips wolfraamlampen met gasvulling onder de naam „halfwattlampen" in de handel. Bij de fabricage van deze lampen en ook bijv. bij de fotometrie daarvan deden zich zoveel problemen voor die meer op physisch dan op chemisch en mechanisch

Prof. Dr G. Holst, naar een schilderij van *S. Schröder*.

*) In dit overzicht zijn eigennamen van met het Philipsbedrijf verbonden personen gespatieerd, andere eigennamen cursief gedrukt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

terrein gelegen waren, dat Ir Philips besloot een physicus in dienst te nemen. Als zodanig deed op 2 Januari 1914 G. Holst zijn intrede in de fabriek en van dit ogenblik af werd een begin gemaakt met de inrichting van een natuurkundig laboratorium. Enkele maanden later werd, als tweede physicus, E. Oosterhuis aan de staf van dit laboratorium toegevoegd.

Wij zullen zien hoe het in 1914 opgerichte laboratorium, uitgaande van de problemen van de gloeilampenfabricage, gekomen is tot een veelzijdig programma, waaruit weer een grote verscheidenheid van andere producten is te voorschijn gekomen. Wij onderscheiden daarbij drie hoofdperioden:

1) de periode 1914-1923, waarvan het eerste deel samenviel met de eerste wereldoorlog, en gedurende welke het laboratorium gevestigd was in een deel van de gloeilampenfabriek;
2) de periode 1923-1940, beginnende met de ingebruikneming van een nieuw, speciaal voor het doel ingericht, laboratoriumgebouw (in 1929 aanzienlijk vergroot) en eindigende met de bezetting van Nederland in de tweede wereldoorlog;
3) de periode 1940 tot heden, omvattend de bezettingstijd en de herleving van de activiteit na het einde der bezetting.

Dr E. Oosterhuis, naar een schilderij van *S. Schröder*.

HET LABORATORIUM 1914-1923

Dr Holst had, na zijn studietijd aan de technische hogeschool te Zürich — waar hij in 1914 promoveerde —, enige jaren doorgebracht in het laboratorium van *H. Kamerlingh Onnes* te Leiden, alwaar hij o.a. een werkzaam aandeel had in de ontdekking van de suprageleiding. Dank zij deze studie was bij de leiding van het nieuwe laboratorium dus technische interesse aanwezig, naast zin voor zuiver wetenschappelijke arbeid. Als eerste taak werd weliswaar gezien de bestudering van de physische questies die zich bij de wolfraamlamp voordoen, maar tevens werd gevoeld dat men daarbij niet moest blijven staan doch moest doordringen naar de diepere achtergrond der te bestuderen verschijnselen. Door zo'n bredere aanpak was allereerst de physica gebaat, maar dit zou ook omgekeerd weer op vaak verrassende wijze vruchten afwerpen voor de techniek, in de vorm van verbetering van bestaande producten en ontsluiting van nieuwe gebieden.

De studie van de wolfraamlamp was dus het uitgangspunt: allereerst het gedrag van de wolfraamdraad bij de bewerking, verder het gedrag als deze draad, hetzij in vacuum, hetzij in een indifferente gasatmosfeer, in een glazen ballon door een electrische stroom tot een hoge temperatuur wordt verhit; deze stroom moet daarbij door vacuumdicht ingesmolten toevoerdraden in de de ballon worden gebracht.

In verband met het omvangrijke programma moest het aantal medewerkers spoedig aanzienlijk worden uitgebreid. Medewerkers van Holst werden successievelijk o.a. P. G. Cath, S. Weber, C. Bol, H. C. Burger, G. Hertz, Balth. van der Pol, A. Bouwers, A. E. van Arkel, W. Geiss, J. H. de Boer, P. Clausing, R. Vermeulen, W. de Groot, C. Zwikker, terwijl eveneens bijdragen tot het onderzoek werden geleverd door L. Hamburger, D. Lely en J. A. M. van Liempt, die tot de chemische fabriksstaf behoorden.

Wat betreft de physische problemen die direct samenhangen met de gloeilamp, kwam allereerst de fotometrie aan de orde, vooral van de met gas gevulde lampen, omdat bij deze de lichtstroom op minder overzichtelijke wijze over de ruimte verdeeld is dan bij de vacuumlampen met rechte draad. In een reeks „Mededelingen van het laboratorium der N.V. Philips" (1918-1919), die in zekere zin als de voorlopers van dit tijdschrift kunnen worden beschouwd, werden verlichtings-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

kundige begrippen verklaard en de grondslagen der utiliteitsverlichting, armaturen, projectie-apparaten, autolampen, zonlichtlampen enz. behandeld.

Daarnaast werd meer fundamenteel stralingsonderzoek verricht, zoals bepaling van de spectrale energieverdeling van gloeilampen. Men bedenke dat in die tijd de formule van *Planck* nog met zeker wantrouwen werd aangekeken en dat er nog geen sprake was van een „internationale ooggevoeligheidskromme" en een „internationale temperatuurschaal". Er bestond aanzienlijke onzekerheid omtrent de waarde van de constante c_2 in de formule van *Planck*, waarvan de kennis van belang was in verband met de optische pyrometrie.

In verband met de geleidelijke vermindering van de lichtkracht van de gloeilampen, vooral van de vacuumlampen, ten gevolge van het neerslaan van wolfraam op de ballonwand, waarop wij in het volgende hoofdstuk nog terugkomen, werd een begin gemaakt met de studie van dergelijke metaallaagjes alsmede van de chemische processen in de restgassen (Hamburger).

In aansluiting op de problemen van de gloeidraad werden het electrisch geleidingsvermogen en het warmtegeleidingsvermogen van grafiet en wolfraam onderzocht alsmede, in verband met de gasvulling, de warmtegeleiding van gassen en de verdamping van wolfraam in een gasatmosfeer (Weber). Verder werden in aansluiting aan de onderzoekingen die Holst in het kryogene laboratorium te Leiden had verricht en zien verrichten, uitvoerige metingen gedaan aan het stelsel argon-stikstof, het gasmengsel dat voor de vulling van de halfwattlampen diende.

In verband met de metallurgie van het wolfraam maakte men, o.a. met behulp van de toen nieuwe methoden der röntgenspectroscopie en röntgendiffractie, een begin met de studie van de structuur van wolfraam en andere metalen (Burger, Van Arkel), van de physische (bijv. elastische) eigenschappen van wolfraam (Geiss) en van de chemie der wolfraamverbindingen (v. Liempt e.a.).

Belangrijk wat de toekomstige consequenties betreft was het onderzoek van de electrische geleiding in gassen en van de lichtemissie die gassen bij doorgang van een electrische stroom vertonen. Men kwam hiertoe door de bekende, bij de fabricage toegepaste, methode om de graad van luchtledigheid der vacuumlampen en de zuiverheid van het gas in de met gas gevulde lampen te controleren met behulp van een *Tesla*-ontlading (het zg. „klossen"). Een tweede, niet minder belangrijke, aanleiding was het optreden van doorslag tussen de uiteinden van de gloeidraad in de met gas gevulde lampen, zowel in de brandende lampen als bij lampen waarbij de gloeidraad onderbroken was.

De bestrijding van deze doorslag vereiste een nauwkeurige studie van de doorgang van electriciteit door gassen. Het onderzoek der gasontladingsverschijnselen, reeds bestudeerd door *Faraday* en uitvoeriger door *Plücker*, *Hittorf*, *Crookes*, *H. Hertz*, *Lenard*, *J. J. Thomson*, *Townsend* e.a., kwam in een nieuw stadium toen deze verschijnselen in verband konden worden gebracht met de nieuwe atoomtheorie van *Bohr* (1913). Deze theorie werd, evenals de quantumtheorie van *Planck*, aanvankelijk met zekere terughouding ontvangen. Bovendien hield het uitbreken van de oorlog 1914-1918 de verbreiding van de ideeën van *Bohr* min of meer tegen. Voor het laboratorium was in dit verband belangrijk dat *P. Ehrenfest*, sinds 1912 als hoogleraar in de theoretische natuurkunde verbonden aan de Leidse universiteit en ijverig propagandist voor de denkbeelden van *Bohr*, regelmatig in Eindhoven voordrachten hield, en dat in 1920 tot de staf G. Hertz toetrad, die in 1914 tezamen met *J. Franck* het juiste verband had weten te leggen tussen de theorie van *Bohr* en de verschijnselen van de electriciteitsgeleiding in gassen, waarvoor beiden in 1926 met de Nobelprijs werden beloond. De onderzoekingen van Hertz zullen wij in het volgende hoofdstuk bespreken.

Het belangrijkste resultaat van het onderzoek der gasontladingen in de periode 1914-1923 was wel het diepere inzicht in de verschijnselen van de electrische doorslag, met name de doorslag in verdunde edelgassen tussen vlakke, evenwijdige koude metalen electroden, en in de overgang van de onzelfstandige in de zelfstandige ontlading (Holst, Oosterhuis). Onder meer kwam hierbij vast te staan dat de productie van electronen in het glimlicht te danken is aan de inwerking van de positieve ionen op de kathode en niet, zoals *Townsend* zich dit voorstelde, aan directe ionisatie van het gas door de positieve ionen.

Als eerste practische resultaat van het gasontladingsonderzoek verschenen in deze periode de neon-glimlamp (1917) en de wolfraambooglamp met neonvulling (1920).

Het onderzoek van de edelgassen werd vergemakkelijkt door het feit dat de fabriek sinds 1916 in eigen bedrijf (H. Filippo) vloeibare zuurstof en stikstof maakte, waaruit de edelgassen door destillatie konden worden afgescheiden.

Toen in de oorlogsjaren geen röntgenbuizen konden worden ingevoerd, zonden Nederlandse medici hun buizen ter reparatie naar de Philipsfabrieken. Zo begon men zich ook voor deze buizen te interesseren, niet alleen voor de toenmalige

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gasbuizen, maar ook voor de nieuwe vacuum-röntgenbuis van *Coolidge* met een gloeiende wolfraamdraad als electronenbron.

Bij de studie van de doorvoering van de metalen toevoerdraden door het glas van de gloeilampballon kwam men tot chroomijzerlegeringen die ongeveer dezelfde thermische uitzetting vertonen als glas en die aan glas kunnen worden gesmolten. Voordien gebruikte men voor doorvoeringen platinadraad, later ijzerdraad met koperen mantel; voor andere glas-metaal-verbindingen zuiver rood koper, dat in uitzetting van glas verschilt maar door zijn weekheid tijdens het afkoelen deformeert. Bij de nieuwe legering (Bol, Bouwers, B. Jonas) behoefde men hier geen rekening mee te houden, zodat de doorvoeringen en verbindingen hier veel steviger konden zijn en men zich niet behoefde te beperken tot dunwandige buizen. Dit leidde tot de constructie van metalen zendbuizen en tot die van metalen röntgenbuizen. In dit verband is belangrijk dat men in 1916 beschikking kreeg over een eigen glasfabriek (P. J. Schoonenberg).

In 1883 had *Edison* reeds gevonden dat door het vacuum van zijn gloeilampen tussen de polen van de gloeidraad een electrische stroom vloeide, waarvan wij thans weten dat hij veroorzaakt wordt door electronenemissie. In 1904 had *Fleming* aansluitend aan het onderzoek der electronenemissie door *Richardson* de diode uitgevonden en in 1907 had *Lee de Forest* door toevoeging van een rooster de eerste trioden gemaakt. Eenvoudige ontvangtrioden werden door Philips in 1917 vervaardigd. Daarna ook zendtrioden en dioden voor het gelijkrichten van wisselstromen. Spoedig werd een begin gemaakt met een systematische studie van de verschijnselen in de radiobuis. In 1922 werd Balth. van der Pol (leerling van *H. A. Lorentz*) belast met het radio-onderzoek *).

In verband met de fabricage der radiobuizen, waarbij gebruik werd gemaakt van de electronenemitterende eigenschappen van wolfraam, werd verder gezocht naar materialen die het wolfraam konden vervangen en bij een geringer gloeidraadvermogen een grotere emissie zouden vertonen. In 1921 ontdekten *Coster* en *Hevesy*, als resultaat van de nieuwe inzichten op atoomtheoretisch gebied, het element hafnium, verwant met zirconium. Van dit element koesterde men hoge verwachtingen wat de electronenemissie betreft, en de bereiding en de bestudering van dit nieuwe metaal werd in het Philips-laboratorium met grote ijver aangevat. Al leidde dit ook niet tot de belangrijke resultaten die men ervan verwachtte, zo was toch de hierbij opgedane ervaring op chemisch en metallurgisch gebied in vele opzichten nuttig.

Het zich steeds uitbreidend researchwerk vroeg dringend om meer ruimte. Daarom werd in 1922 besloten tot de bouw van een nieuw laboratorium, dat in de loop van 1923 in gebruik werd genomen.

67062

Gedenksteen in de hal van het Natuurkundig Laboratorium, aangeboden aan Ir G. L. F. Philips bij zijn 50-jarig ingenieursjubileum in 1933.

De 1e April 1922 trad Dr Ir G. Philips, die tijdens de oorlog in Delft tot doctor h.c. in de technische wetenschappen was gepromoveerd, op 63-jarige leeftijd af als mede-directeur. Hij overleed 26 Januari 1942 te 's-Gravenhage.

HET NIEUWE LABORATORIUM 1923-1940

Het nieuwe laboratorium, geplaatst in een deel van Eindhoven dat in 1923 nog aan de buitenrand van de stad was gelegen, werd in November van dat jaar betrokken met een staf van 15 academici (physici, chemici, ingenieurs) en circa 20 hulpkrachten (assistenten, instrumentenmakers, glasblazers enz.). In 1939 waren deze aantallen respectievelijk 106 en 360. Het aantal publicaties bedroeg in de periode 1914-1923 ongeveer 150, in de periode 1923-1940 circa 1500. Het zal dus duidelijk zijn dat een overzicht van het onderzoek in deze periode zich zal moeten beperken tot het aangeven van hoofdlijnen en tot het naar voren brengen van enkele markante punten.

De in het oude laboratorium begonnen arbeid werd in het nieuwe onder gunstiger omstandigheden voortgezet. Dank zij de beschikbare ruimte en het toegenomen aantal medewerkers was er meer gelegenheid tot verdergaand onderzoek. Wij mogen niet nalaten te wijzen op de grote mate van vrijheid die daarbij steeds door Dr Holst aan zijn wetenschappelijke medewerkers werd gelaten.

*) Prof. Dr Balth. van der Pol is sinds 1949 directeur van het Comité Consultatif International de Radiodiffusion te Genève.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Natuurlijk bleef daarbij een zekere verbondenheid met de fabriek en haar productie bestaan. Van het laboratorium verwachtte men immers niet alleen nieuwe ideeën, die tot nieuwe producten konden leiden of bestaande producten konden verbeteren en die voor octrooiering geschikt waren, maar ook het rijp maken van die ideeën voor fabricage. Ook werd een zekere service gevraagd, zoals het ijken van meetinstrumenten, materiaalonderzoek enz. Zo stond, naast het zuiver wetenschappelijk werk, in toenemende mate een hoeveelheid arbeid van andere aard. Dit is dan ook de oorzaak waardoor het jaarlijkse aantal publicaties weliswaar groeide maar niet evenredig aan het aantal medewerkers.

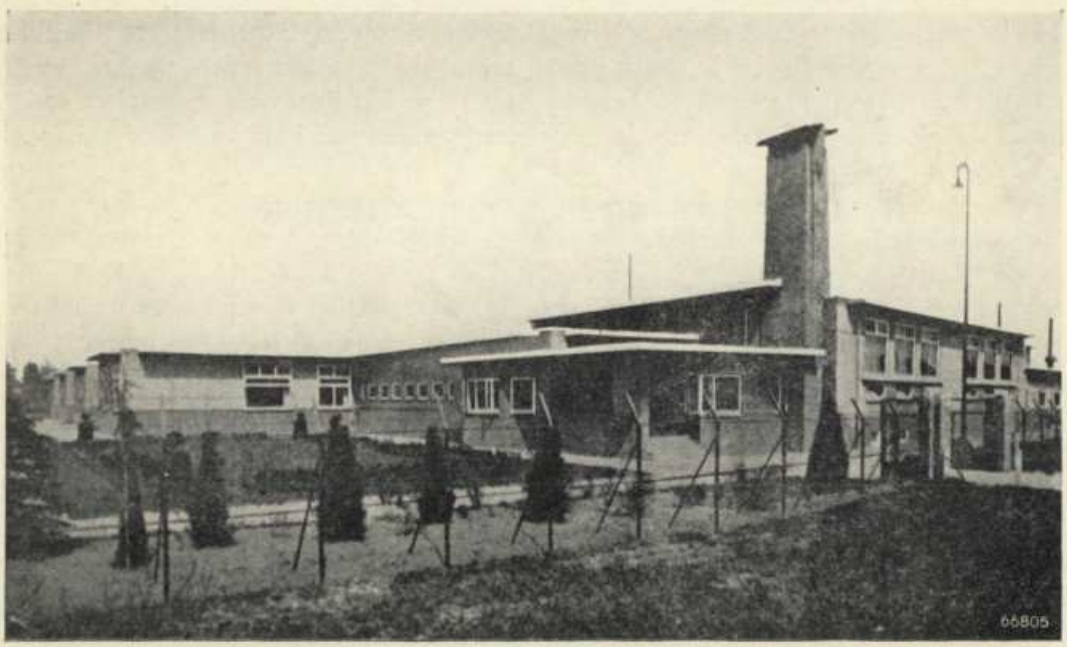
Voor een beter overzicht willen wij het onderzoek in een aantal hoofdgroepen verdelen, namelijk:

I. Licht en lichtproductie, inclusief gasontladingen.
II. Electrotechniek en radio, inclusief acoustiek.
III. Chemie, inclusief metaalkunde.
IV. Röntgenonderzoek.
V. Wiskunde en mathematische physica.

Deze hoofdgroepen moeten ruim genomen worden; bovendien zijn er tussen deze groepen belangrijke verbindingen. Zo vormt bijvoorbeeld het röntgenonderzoek van kristallen een verbinding tussen de groepen III en IV, het onderzoek van magnetische materialen een tussen de groepen II en III, terwijl groep V haar problemen doorgaans uit andere groepen ontving, speciaal uit groep II.

I. Licht en gasontladingen

Het gloeilampenonderzoek werd, wat het nieuwe laboratorium betreft, omstreeks 1925 min of meer afgesloten met de dissertatie van Zwikker over de physische eigenschappen van wolfraam als functie van de temperatuur, welk werk naast soortgelijk werk uit de V.S. kan worden gesteld. In de gloeilampenfabriek, waar een physisch-chemisch laboratorium bleef bestaan, werd door Van Liempt, Geiss e.a. gedurende vele jaren nog belangrijk werk gedaan op het gebied van de chemie der wolfraamverbindingen en de metallurgie van het wolfraam.



Het Natuurkundig Laboratorium in 1923.

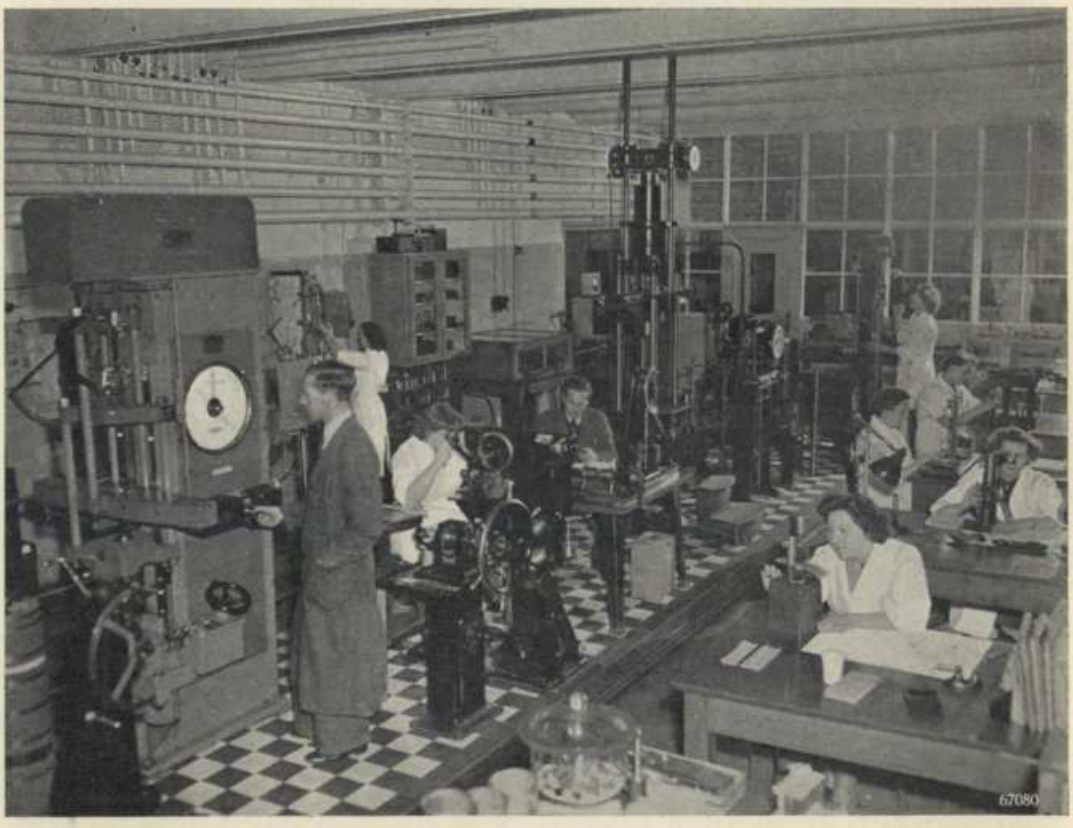
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het onderzoek aan gasontladingen, dat door Holst, Oosterhuis en Hertz in het oude laboratorium was begonnen, werd op ruimere schaal voortgezet. Door Hertz waren nauwkeurige methoden voor de meting van aanslag- en ionisatiespanningen, voornamelijk van de edelgassen, uitgewerkt en het verband gelegd tussen deze grootheden en het spectrum (termschema). De resonantielijnen van alle edelgassen werden met de vacuumspectrograaf gefotografeerd en hun golflengten nauwkeurig bepaald. Daarnaast werd, voortbouwend op de onderzoekingen van Holst en Oosterhuis, de laagspanningsboog onderzocht, waarbij bleek dat een boogontlading in een edelgas kan bestaan bij een spanning tussen anode en kathode lager dan de laagste aanslagspanning. Verdere onderzoekingen betroffen het negatieve glimlicht, speciaal de verwarming van de anode bij het intreden van electronen en verder de warmte-effecten aan de electroden van de wolfraambooglamp. Een belangrijk onderzoek van F. M. Penning was dat betreffende electrische trillingen in een gelijkstroomontlading in kwikdamp van lage druk. In afwijking van *Langmuir* (1925) kon worden aangetoond, dat abnormale electronensnelheden in een dergelijke ontlading aan de genoemde trillingen moeten worden toegeschreven.

Bij de proeven van Hertz werd een aequipotentiaalkathode gebruikt die voorzien was van een laagje bariumoxyde, verkregen door oxydatie van barium dat als azide op de kathode was aangebracht en daarna thermisch was ontleed. De ervaringen met deze oxydekathoden waren van direct nut voor de fabricage van radiobuizen, waar men al spoedig overging tot het vervangen van wolfraam als electronen emitterende substantie door materialen (zg. dull-emitters) die een voldoende electronenemissie reeds bij lagere temperatuur vertonen.

De oxydekathoden vonden ook spoedig hun weg naar de gelijkrichtbuizen met vulling van argon en kwik en naar de gasontladingslampen (kwiklampen, neonlampen).



Afdeling voor het keuren van de materialen die bij Philips worden gebruikt.

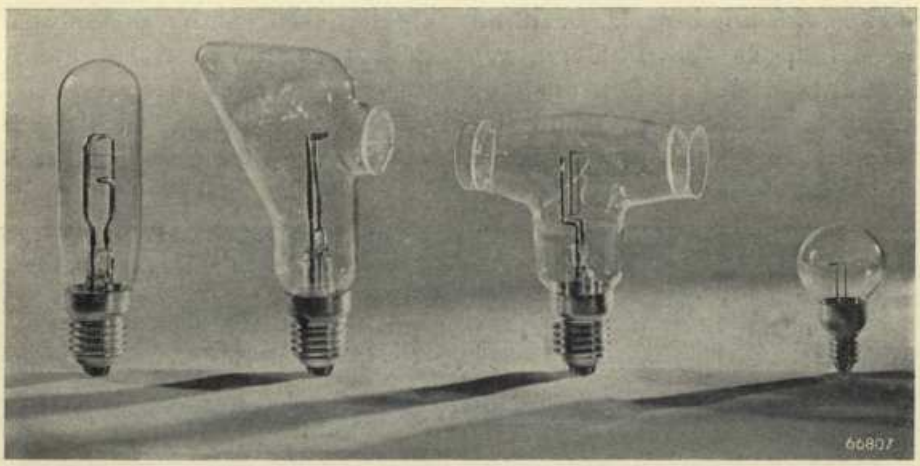
De studie der edelgas-spectra had aan het licht gebracht dat de atomen van deze gassen, met name die van argon en neon, in aangeslagen toestanden kunnen verkeren die niet door uitzending van straling in de grondtoestand kunnen overgaan, de zg. metastabiele toestanden. H. B. Dorgelo, die in Utrecht in samenwerking met *Burger* en *Ornstein* de intensiteitsregels voor multipletten in spectra had bestudeerd, welk onderzoek in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Eindhoven werd voortgezet, vatte na het vertrek van Hertz in 1925 de studie der metastabiele atomen aan. Deze atomen kunnen bepaalde spectraallijnen absorberen en weer uitstralen die door het normale gas ongehinderd worden doorgelaten. Met behulp van deze absorptie werd de levensduur van metastabiele atomen in afhankelijkheid van temperatuur en gasdruk onderzocht.

Door hun grote inwendige energie kunnen in tussen vlakke evenwijdige platen onderzoekt als functie van het product p_0d (p_0 = druk gereduceerd op 0 °C, d = electrodenafstand) en dus de zg. *Paschen*-kromme bepaalt. Deze vertoont dan in plaats van één minimum (gunstigste verhouding van ionisatie en aanslag) twee minima, doordat bij toenemen van de aanslag de vorming van metastabiele atomen toeneemt en daarmee de vorming van „secundaire" ionen.



In het laboratorium vervaardigde wolfraambandlampen, bestemd als lichtbron voor diverse optische metingen. De tweede lamp van links heeft een zodanige vorm dat het door de ballon gereflecteerde licht niet door het (planparallel geslepen) venster naar buiten treedt en dus de meting niet stoort. De derde lamp van links heeft twee, enigszins schuin geplaatste, vlakke vensters, wat van nut is bij spectraalfotometrisch onderzoek.

een gasmengsel metastabiele atomen van één atoomsoort (bijv. neon) andere atomen (bijv. van argon) ioniseren. Voorwaarde is hiervoor, dat de ionisatiespanning van het tweede gas lager is dan de spanning die beantwoordt aan de metastabiele niveaus van het eerste gas. In dergelijke gasmengsels zijn diverse grootheden, zoals de doorslagspanning, zeer gevoelig voor kleine hoeveelheden van de gemakkelijk te ioniseren component.

Dit werd door Penning nader onderzocht. Dat de verlaging van de doorslagspanning berust op de werking van metastabiele atomen, kon worden aangetoond doordat de doorslagspanning van neon, die door bijvoeging van argon was verlaagd, weer steeg als het neon werd bestraald met licht dat door de metastabiele atomen wordt geabsorbeerd, waardoor deze atomen gedeeltelijk, onder het uitzenden van resonantiestraling, overgaan in niet-metastabiele toestanden en vervolgens in de grondtoestand. Het bleek ook mogelijk langs deze weg de brandspanning van een zuilontlading in een mengsel van neon en argon door bestraling met neonlicht te verhogen en zelfs, bij voldoend lage aangelegde spanning, de ontlading te doven.

Het effect van de ionisatie door metastabiele atomen blijkt ook als men de doorslagspanning V_s

Een andere anomalie van de *Paschen*-kromme treedt op bij waarden van $p_0d < (p_0d)_{min}$. Normaal neemt daar V_s monotoon toe met afnemende p_0d, of, wat hetzelfde is, p_0d neemt monotoon af met toenemende V_s. Bij helium doet zich het merkwaardige geval voor dat p_0d als functie van V_s een minimum en een maximum vertoont, zodat men in een bepaald gebied van p_0d-waarden drie kritische waarden, V_1, V_2 en V_3, van de spanning vindt. Doorslag vindt alleen plaats als de aangelegde spanning V_u voldoet aan $V_1 < V_u < V_2$ of $V_u > V_3$. Dezelfde anomalie vindt men terug als men bij grotere stroomsterkte de spanning als functie van de stroom onderzoekt.

De studie van het verband tussen de stroom i en de spanning V in ontladingen als boven beschreven, voerde ook tot interessante gegevens op het gebied van de stabiliteit van gasontladingen, een onderwerp dat later, in het laboratorium voor Technische Physica der T.H. te Delft, door Prof. *H. B. Dorgelo*, *Chr. van Geel* en *C. Verhagen* nog uitvoeriger is bewerkt.

Ten slotte is het nog interessant te wijzen op onderzoekingen betreffende de invloed van magnetische velden op de ontlading. Behalve dat de ontlading als zodanig een „stroomdraad" vormt, die

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in het magnetische veld een kracht ondervindt loodrecht op de stroom en op de magnetische krachtlijnen, is er de invloed van het magneetveld op de banen van de individuele electronen. Deze uit zich vooral bij lage drukken, waar de vrije weglengte der electronen groot is. Uit de onderzoekingen van Penning op dit gebied is een vacuummeter te voorschijn gekomen, waarbij de stroom in een verdund gas dat in een magneetveld is geplaatst als maat dient voor de druk. Deze meter veroorlooft drukken tussen 10^{-5} en 10^{-3} mm Hg direct af te lezen en bijv. de verbetering van het vacuum bij pompinstallaties (zoals bij het electronenmicroscoop en bij het cyclotron) van minuut tot minuut te volgen.

Wij moeten ons nu bezig houden met de ontwikkeling der gasontladingslampen. In 1923 was, in navolging van *Claude* (1910), een begin gemaakt met de fabricage van neonbuizen voor reclamedoeleinden. Deze buizen hadden (koude) ijzeren electroden. In plaats van neon, dat een karakteristiek rood licht geeft, werden ook andere edelgassen, zoals helium, toegepast, en mengsels van edelgas en kwikdamp. Door voor de buizen gekleurd glas te gebruiken, kon de variatie in kleur worden vergroot. Later werden ook fluorescerende glassoorten toegepast en op de binnenwand van de buis aangebrachte fluorescerende poeders gebruikt om nieuwe kleureffecten te verkrijgen. Door de invoering van de oxydekathode, welke reeds was toegepast in gelijkrichtbuizen, gelukte het neonbuizen te maken voor grotere stroomsterkten en lagere spanning, die als vliegveldbakens en als lichtbronnen voor speciale doeleinden (plantenbestraling) toepassing vonden.

Het wetenschappelijk onderzoek hield met deze ontwikkeling gelijke tred. Zoals bekend is, onderscheidde reeds *Faraday* bij de ontlading in een langgerekte buis een kathodisch gedeelte (glimlicht) en een anodisch deel (positieve zuil). Beide zijn gescheiden door de zg. „donkere ruimte van *Faraday*". Het is de positieve zuil, die in de neonbuizen het licht produceert, terwijl het lichtverschijnsel bij de kathode in dit opzicht onbelangrijk is. De positieve zuil werd experimenteel en theoretisch uitvoerig onderzocht door M. J. Druyvesteyn, nadat reeds *Schottky* een belangrijke bijdrage tot de theorie van deze ontlading had gegeven. Een voornaam begrip is de zg. electronentemperatuur, een grootheid die de snelheidsverdeling van de electronen in de zuil karakteriseert. Deze kan worden gemeten met de bekende sondemethode van *Langmuir*. Druyvesteyn kon afleiden dat, bij afwezigheid van cumulatieve processen, de electronentemperatuur in eerste benadering evenredig is met de ionisatiespanning van het gas.

Onder de ontladingslampen met een vulling van edelgas en metaaldamp nemen de natriumlampen een bijzondere plaats in. Het is de moeite waard, de ontwikkeling van de natriumlamp in

Centrale werkplaats van het Natuurkundig Laboratorium.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het Philipslaboratorium kort te schetsen. Ontladingen in natriumdamp waren reeds eerder onderzocht en gebruikt. In 1919 beschreef bijv. *R. J. Strutt* (zoon van *Lord Rayleigh*) een dergelijke ontlading. In 1923 onderzochten *A. H. Compton* en *Van Voorhis* (Westinghouse) een groot aantal gassen en dampen op hun lichtgevend vermogen en constateerden daarbij ook de grote lichtkracht van natriumdamp. Zelfs octrooieerden zij een speciale glassoort die tegen natrium bestand is, echter zonder dat dit tot de ontwikkeling van een bruikbare lamp leidde.

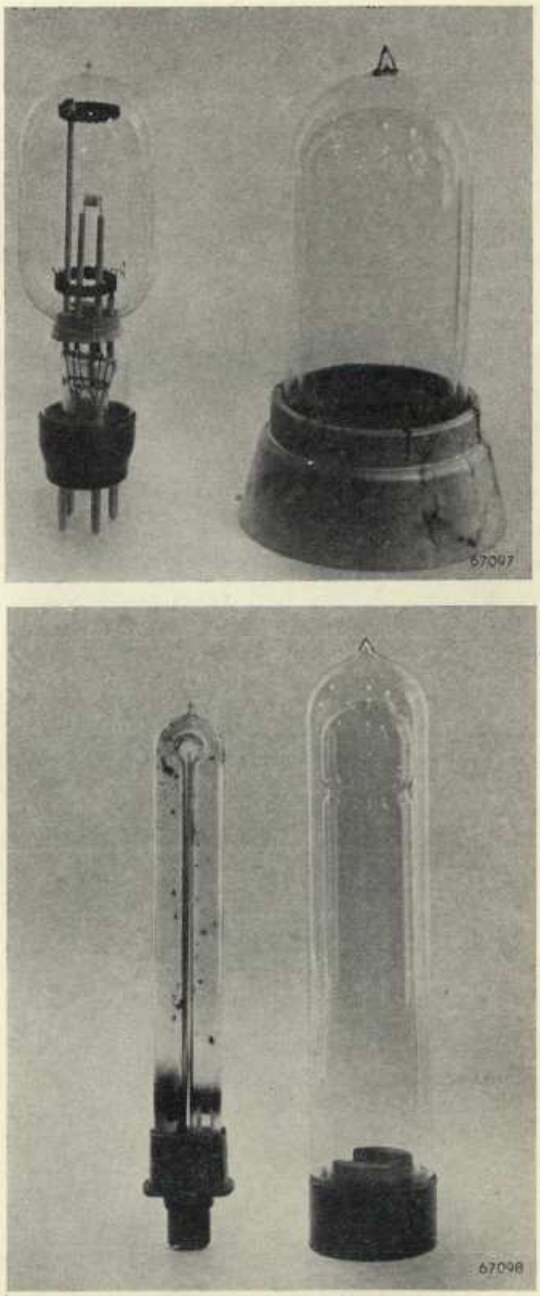
In 1925 vertoonde G. Hertz in het laboratorium een laagspanningsboog in natriumdamp in een ballon van ca 7 cm diameter. De ballon was voorzien van een oxydekathode en een anode, en het natrium was in de ballon gebracht door electrolyse door de glaswand heen, waarbij de kathode als negatieve pool fungeerde en een bad van gesmolten $NaNO_3$ als positieve pool (methode van *Warburg*, 1890). Deze lamp was geplaatst in een oven met een temperatuur van ca 250 °C, om de dampdruk van het natrium voldoende hoog te houden.

De aandacht werd op natrium als lichtbron opnieuw gevestigd toen G. Zecher in het Philipslaboratorium het lichtrendement en de kleur van neonbuizen trachtte te verbeteren door een weinig lithium in de buis te brengen. Dit lag voor de hand, omdat sinds *Kirchhoff* en *Bunsen* bekend is dat lithium aan een vlam een fraaie rode kleur verleent. Er gebeurde echter iets onverwachts: het lithium tastte de wand van de buis aan en maakte natrium vrij, zodat ongewild een natriumlamp ontstond. Deze lamp en een aantal dergelijke buizen, waarbij opzettelijk natrium aan een edelgas was toegevoegd, hebben jarenlang in het laboratorium dienst gedaan als polarimeterlamp.

Intussen lieten onderzoekingen van *Pirani* in de Osramfabrieken zien, dat onder gunstige condities meer dan 95% van de door de zuil opgenomen energie in natriumlicht kon worden omgezet, terwijl deze fabrieken ook uitkwamen met een polarimeterlamp.

Bij Philips was in die tijd het onderzoek in een andere richting gegaan. Het gebruik van de kwiklamp als lichtbron voor medische bestraling leidde tot een nadere studie van het verband tussen vitamine D en rachitis. Het bleek dat vitamine D kon worden verkregen door bestraling van ergosterine met licht van een golflengte tussen 2800 en 2900 Å, dat men kon verkrijgen uit een kwiklamp of uit een magnesiumvonk. Door E. H. Reerink en A. van Wijk werd dit complex van verschijnselen uitvoerig onderzocht. De vraag ontstond naar een speciale lichtbron voor de productie van vitamine D en voor antirachitische bestraling. Magnesium bleek hiervoor het aangewezen element. Dit leidde tot de constructie van een laagspanningsbooglamp met een mengsel van edelgas en magnesiumdamp. Het magnesium was geborgen in de anode en verdampte daaruit in de ontlading.

Principieel was de mogelijkheid gegeven om ook andere metaaldamplampen op dezelfde wijze te maken. Onder andere werd in dit verband opnieuw



Een oude natriumlamp (voor gelijkstroom) en een lamp voor aansluiting (via een smoorspoel) op 220 V wisselspanning, elk met het bijbehorende vacuumglas. De gelijkstroomlampen, in groepen van 30 tot 40 stuks in serie geschakeld en gevoed uit een gelijkrichter, hebben dienst gedaan in de eerste installaties voor wegverlichting met natriumlampen (1932).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

natrium onderzocht en dit leidde tot een laagspanningsbooglamp, gevoed met gelijkstroom en gevuld met een mengsel van neon en natriumdamp, die een gunstig lichtrendement (50 à 60 lumen/watt) vertoonde (De Groot en E. G. Dorgelo). Teneinde het natrium voldoende dampdruk te geven, was de ballon thermisch geïsoleerd door hem te plaatsen in een tweede ballon, die luchtledig was gemaakt. Proefverlichtingen in een gang van het laboratorium en later in een van de straten van het fabrieksterrein toonden al spoedig de uitnemende kwaliteiten van natriumlicht voor wegverlichting. Nadat de constructie van de lamp was verbeterd en deze de vorm had aangenomen van een enkele ballon, geplaatst in een *Dewar*glas, werden deze proefnemingen op uitgebreider schaal, o. a. in samenwerking met Prof. Dr Ir *H. C. J. H. Gelissen*, voortgezet met experimentele verlichtingen op trajecten van het Nederlandse hoofdverkeersnet (1932). Intussen was door Druyvesteyn en W. Uyterhoeven de positieve zuil in natrium-edelgasmengsels nader onderzocht. Hierbij bleek dat de ontlading in een zuilbuis, geplaatst in een *Dewar*glas, minder gevoelig is voor veranderingen in de buitentemperatuur dan de laagspanningsbooglamp. Het is de verdienste van Bol, die ook reeds de laagspanningsbooglamp in een voor de fabricage geschikte vorm had gebracht, de wisselstroomzuillamp met vacuumglas te hebben ontwikkeld tot een practische eenheid, die grotendeels, ook wat het glas betreft, langs mechanische weg kan worden vervaardigd. De eigenlijke ontladingsbuis heeft hierbij de vorm van een langgerekte U. Van deze lampen waren in 1940 reeds ruim 100 000 geïnstalleerd. Ook in het buitenland, waar men inmiddels eveneens dergelijke lampen had ontwikkeld, werden talrijke verlichtingsprojecten met natriumlampen uitgevoerd, waarvan sommige door Philips.

Naast de verlichting met natriumlampen dient de verlichting met kwiklampen te worden besproken. In tegenstelling tot die voor natrium was de belangstelling voor kwikverlichting bij Philips aanvankelijk gering. Sinds het bekende onderzoek van *Küch* en *Retschinsky* (1907), waaruit de kwarts-kwiklamp met kwikplaselectroden te voorschijn kwam (kunstmatige hoogtezon), was gebleken dat met kwikdamp van hoge druk (1-3 atm) een lichtbron van hoog rendement kon worden verkregen. De spectrale samenstelling van dit licht vertoont een opvallend gebrek aan rood, met als gevolg een onvoldoende kleurweergave. Echter is de kleurweergave bij natrium nog veel gebrekkiger, en toen men hierover heen was gestapt ter wille van verdere gunstige kwaliteiten van het natriumlicht (rendement, gezichtsscherpte, contrast), lag het voor de hand het ook weer met kwik te proberen. Engeland gaf hierbij het voorbeeld, door experimentele verlichting van verkeerswegen met hogedruk-kwiklampen, voorzien van oxydekathoden. Deze lampen werden spoedig ook in Eindhoven gemaakt. Maar intussen ging men verder. Het experimentele en theoretische onderzoek van W. Elenbaas veroorloofde al spoedig het gehele gebied der kwikontladingen als functie der diverse parameters (afmetingen van de buis, kwikdruk, stroom en spanning) te overzien. O.a. gelukte het daarbij een gelijkvormigheidsprincipe op te stellen, waardoor het aantal essentiële parameters kon worden gereduceerd en men gemakkelijk kon voorspellen hoe een lamp van bepaalde afmetingen en voorzien van een bepaalde hoeveelheid kwik zich zou gedragen.

Het was wederom Bol, die hieruit de practische conclusies wist te trekken en die door het ontwikkelen, tezamen met Jonas, van nieuwe glassoorten voor de doorvoering van wolfraam toevoerdraden en van tussenglazen tussen dit glas en kwarts, kwiklampen van zeer compacte bouw wist te construeren. Deze lampjes, met een lengte van enkele cm en een inwendige diameter van 2 mm, waren zodanig ingericht dat het kwik voor een deel vloeibaar bleef. In verband met de sterke verwarming van de buiswand waren zij met water gekoeld. De inwendige druk bedroeg 100 atm en meer. Deze lampen vinden toepassing bij cinemaprojectie, in televisie-studio's en in bundellichten, in het algemeen daar waar de installatie van een waterkoeling geen ernstig bezwaar oplevert.

Een ander type, met een afgemeten hoeveelheid kwik, die tijdens het branden geheel in damp overging, behoefde niet geforceerd gekoeld te worden. De evenwichtsdruk was hier 5 tot 10 atm. Deze laatste lampen hebben uitgebreide toepassing gevonden bij de straatverlichting. Teneinde de verwarmingstijd binnen redelijke grenzen te houden, is het eigenlijke lampje, met een uitwendige diameter van 10 mm en een lengte van 35 mm, geplaatst in een normale gloeilampenballon, die gevuld is met een inert gas om oxydatie der toevoerdraden te voorkomen. Ondanks het feit dat bij de hoge druk het kwikspectrum, naast de sterk verbrede kwiklijnen, een continue ondergrond vertoont, die zich tot in het rood uitstrekt, is de kleurweergave onvoldoende, evenals bij de lamp met 1 atm druk. Men kan hieraan tegemoet komen door bijmenging van gloeilampenlicht, hetgeen echter het rendement van het geheel doet dalen. Later is het gelukt de kleurweergave

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

te verbeteren door op de binnenwand van de buitenballon stoffen aan te brengen die onder invloed van de ultraviolette straling van het kwiklicht fluoresceren.

Zelfs gecorrigeerd met gloeilampenlicht of door middel van een (rood) fluorescerende stof zijn deze lampen echter om verschillende redenen niet geschikt voor huiskamerverlichting. Op dit terrein deden de gasontladingslampen op andere wijze hun intrede: men ging uit van de kwikontlading met lage druk, waarbij de zichtbare kwiklijnen slechts met een gering rendement worden uitgezonden en hoofdzakelijk de ultraviolette resonantielijnen 2537 Å en 1849 Å worden geproduceerd, en men zette deze ultraviolette straling door middel van fluorescentie in zichtbaar licht om. Tot de ontwikkeling van deze „TL"buizen (tubes luminescents) heeft Philips belangrijke bijdragen geleverd. Door op de binnenwand van de ontladingsbuis een geschikt mengsel van fluorescerende stoffen aan te brengen ($MgWO_4$, $(Zn,Mn)_2SiO_4$, $Cd_2B_2O_5$-Mn, $(Zn,Be,Mn)_2SiO_4$, later ook andere stoffen, zoals halofosfaten), was het mogelijk wit licht te verkrijgen, waarvan de spectrale energieverdeling die van daglicht of van gloeilampenlicht voldoende benadert.

Aldus ingerichte buizen met een bruto lichtopbrengst van 40 à 50 lm/W werden en worden in toenemende mate voor allerlei vormen van utiliteitsverlichting, zoals verlichting van woonhuizen, industriële ruimten, winkels, kantoren enz., en straatverlichting toegepast.

Met de fotometrie van de gasontladingslampen heeft o.a. J. Voogd zich uitvoerig bezig gehouden.

De ontwikkeling van de gasontladingslampen met hun van het gloeilampenlicht sterk afwijkende spectrale energieverdeling, de uitgebreide toepassingen op het gebied van wegverlichting en de problemen der kleurweergave vereisten een nauwkeurige studie van de eigenschappen van het menselijk oog en van het zien bij diverse helderheidsniveaus. In het Philips-laboratorium hielden P. J. Bouma († 1947) en A. A. Kruithof zich uitvoerig met deze problemen bezig. Bouma wist belangstelling te wekken voor de min of meer vergeten onderzoekingen van *A. König* (1891) op het gebied van het zien bij lage helderheden en propageerde sterk de denkbeelden van *Schrödinger* (1920) over het gebruik van de kleurenruimte bij colorimetische problemen. De door hem aangegeven verdeling van het zichtbare spectrum in 8 vakjes als hulpmiddel voor de beoordeling van de kleurweergave is, althans in Europa, vrijwel universeel in gebruik genomen. Voor de practische uitvoering van de 8-vakjes-analyse werd door P. M. van Alphen een speciale fotometer geconstrueerd.

II. Electrotechniek, radio en acoustiek

Uit de gloeilampenfabricage komt een aantal belangrijke electrotechnische producten voort, die samenhangen met de eigenschap van de gloeidraad

Bibliotheek van het Natuurkundig Laboratorium.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

electronen uit te zenden, een effect dat, zoals reeds opgemerkt, in principe reeds door *Edison* was ontdekt en dat later door *Richardson* quantitatief werd onderzocht.

Uit dit onderzoek kwamen, zoals wij zagen, allereerst gelijkrichtbuizen en radiobuizen met wolfraamgloeidraad in vacuum te voorschijn, terwijl Philips, in navolging van de G.E.C., ook reeds met gas gevulde gelijkrichtbuizen met wolfraamgloeispiraal vervaardigde. Een belangrijke verbetering was het vervangen in deze buizen van de wolfraamspiraal door een oxydekathode (J. Bruynes).

De invoering van de oxydekathode maakte het aantal toepassingsmogelijkheden van gelijkrichtbuizen veel groter, omdat nu enerzijds grotere emissiestromen werden verkregen, waardoor toepassingen op sterkstroomgebied binnen de kring van de mogelijkheden werden getrokken, en anderzijds de levensduur van de buizen zodanig kon worden vergroot dat deze slechts door de kans op toevallige beschadiging (breuk en eventueel doorslag) en niet door de uitputting van de gloeidraad werd bepaald (J. G. W. Mulder).

Het gebied der gelijkrichters is een interessant voorbeeld van het vaak te constateren feit, dat een verschijnsel dat als een klein effect gevonden wordt, zo gering dat aan het bestaan ervan zou kunnen worden getwijfeld, ten slotte wordt toegepast op een schaal die iedere twijfel aan realiteit uitsluit. De stroompjes die *Richardson* bestudeerde waren aanvankelijk slechts met een gevoelige galvanometer aan te tonen. Tegenwoordig is een gelijkrichtbuis met een emissiestroom van 100 A geen zeldzaamheid.

Gelijkrichtbuizen worden thans voor hoge zowel als voor lage spanning gemaakt. Buizen voor lage spanning (enkele tientallen volts) worden bijv. gebruikt voor het laden van accumulatoren en het voeden van cinema-booglampen (D. M. Duinker). In de röntgentechniek komt men daarentegen gelijkrichtbuizen tegen die door een doelmatige vormgeving spanningen van meer dan 100 kV kunnen verdragen. Een andere belangrijk product van de ontwikkeling, waarbij vooral een grote stroomsterkte op de voorgrond treedt, was de lasgelijkrichter (H. A. W. Klinkhamer).

In het kader van het gelijkrichteronderzoek moet nog het werk aan keerlaag-gelijkrichters genoemd worden, en in verband daarmee de onderzoekingen betreffende selenium (W. Ch. van Geel, N. W. H. Addink).

Met de invoering van de triode als ontvang- en zendbuis trad omstreeks 1914 de radio een nieuw tijdperk in. Aan de ontwikkeling op dit gebied heeft het Philips-laboratorium in ruime mate medegewerkt.

Opvallend is, dat op radiogebied de practijk vaak ver vooruit was bij de theorie. De triode bleek goed te voldoen en werd reeds op ruime schaal practisch toegepast voordat men de betrokken problemen, zoals de berekening van het veld tussen de electroden en van het gedrag der electronen in dit veld, behoorlijk onder de knie had; de voortplanting van de radiogolven over grote

Kijkje in de glasblazerij van het Natuurkundig Laboratorium.

afstanden was reeds lang mogelijk gebleken voordat men de ware oorzaak daarvan had doorgrond en voordat de electromagnetische vergelijkingen die de voortplanting langs de aarde beheersen bevredigend waren opgelost. Op den duur is echter een zoveel mogelijk volledige theoretische beheersing van de verschijnselen onontbeerlijk en daarom werd hieraan bij Philips dan ook veel aandacht besteed. Daarnaast bleven een groot aantal problemen op te lossen in verband met de practische toepassing van radiobuizen. In het nieuwe laboratorium werd het radio-onderzoek dan ook over enige groepen verdeeld. B. van der Pol kreeg in hoofdzaak de leiding van het theoretisch radio-onderzoek, terwijl de meer op de practijk gerichte onderzoekingen door E. Oosterhuis, P. R. Dijksterhuis, Y. B. F. J. Groeneveld, H. Rinia, B. D. H. Tellegen en vele anderen werden uitgevoerd.

Van der Pol was in 1922 begonnen met het bestuderen van de triode. De electronenstromen naar rooster en anode, i_g resp. i_a, zijn daarbij een functie van de spanningen V_a en V_g van resp. anode en rooster ten opzichte van de kathode. Een driedimensionaal gipsmodel werd geconstrueerd, dat veroorloofde dit verband te overzien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Daarna werd aandacht besteed aan de banen die de electronen onder invloed van het veld beschrijven en aan de secundaire emissie die veroorzaakt wordt door de electronen die op de anode aankomen. De invloed daarvan kan in het gipsmodel worden aangegeven. Verdere problemen waren de verdeling van de electronenstroom over rooster en anode en de invloed van ruimtelading op het veld, waarvoor de grondslag was gelegd door de theoretische onderzoekingen van *Langmuir* en *Epstein*.

Het probleem van de beweging van de electronen, dat in verband met de constructie van radiobuizen de aandacht is blijven vragen, is later door P. H. J. A. Kleynen en J. L. H. Jonker onderzocht door middel van een model dat gebruik maakt van stalen kogeltjes die men over een gewelfd rubbervel laat rollen. Dit hulpmiddel is gebleken van groot nut te zijn in gevallen waar de mathematische behandeling te ingewikkeld is. Een ander hulpmiddel waarmee men mathematische moeilijkheden kan omzeilen werd eveneens te baat genomen, namelijk het uitmeten van velden van ingewikkelde electrodensystemen met behulp van de electrolytische trog.

In verband met de verschijnselen in de radiobuis moet hier nog worden gewezen op het uitvoerige onderzoek over fluctuatieverschijnselen (geruis) door C. J. Bakker en M. Ziegler, dat later door M. J. O. Strutt, A. van der Ziel e.a. tot hogere frequenties werd uitgebreid.

Verder moet worden gewezen op het uitgebreide onderzoek van H. Bruining over de secundaire electronenemissie van vaste stoffen, niet alleen in verband met het optreden van deze emissie in gewone radiobuizen, maar ook met het oog op de constructie van speciale buizen, waarin opzettelijk secundaire emissie wordt teweeg gebracht om bijzondere effecten te verkrijgen.

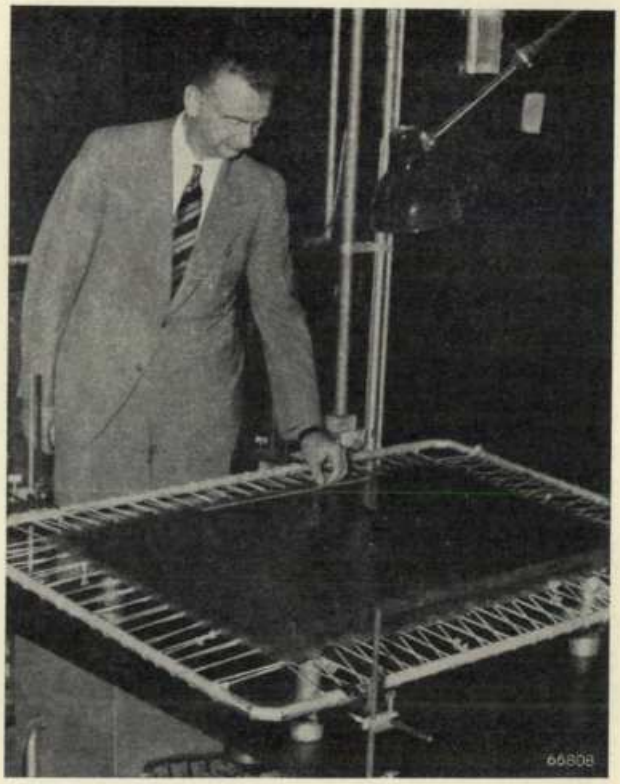
Na de studie van de radiobuis als zodanig werd het gedrag bestudeerd van de buis indien deze, verbonden met een netwerk dat capaciteiten, weerstanden, zelfinducties en wederzijdse inducties bevat, als versterker of oscillator fungeert.

Een electrisch netwerk is een systeem dat in de regel beheerst wordt door een aantal lineaire differentiaalvergelijkingen. De invoering van radiobuizen in het netwerk brengt, behalve negatieve weerstanden, die het mogelijk maken dat trillingen worden opgewekt, ook niet-lineaire termen in de vergelijkingen, waardoor het probleem veel ingewikkelder wordt.

Het gelukte Van der Pol een niet-lineaire differentiaalvergelijking van eenvoudige gedaante op te stellen (Van der Pol-vergelijking) die alle essentiële bijzonderheden bevat die bij het genereren en bij de begrenzing van trillingen in netwerken te pas komen. Deze vergelijking,

$$\ddot{v} - \varepsilon(1 - v^2)\,\dot{v} + v = 0\,,$$

bevat als parameter de grootheid ε, welke in aanzienlijke mate het gedrag van de oplossing bepaalt. Het bleek dat in een zeker gebied van waarden ($\varepsilon \gg 1$) de aanlopende trilling een sterk van het bekende gedrag afwijkend karakter kreeg. Van der Pol noemde deze trillingen relaxatietrillingen. In tegenstelling tot „gewone" trillingen, die kunnen optreden als het systeem in hoofdzaak C's en L's bevat en die een scherp bepaalde periode



Door stalen balletjes te laten rollen over een gewelfd rubber vel verkrijgt men een aanschouwelijke voorstelling van electronenbanen, zoals die zich o.a. voordoen in electronenbuizen.

bezitten terwijl de amplitude van allerlei neven-omstandigheden afhangt, kunnen relaxatietrillingen optreden in systemen die in hoofdzaak door C's en R's bepaald zijn. Bij deze trillingen is juist de amplitude door het systeem bepaald en de periode zeer gevoelig voor uitwendige storingen. Een systeem dat relaxatietrillingen vertoont, zoals bijv. een glimlamp met een condensator parallel, die door een spanningsbron via een weerstand wordt geladen, kan daardoor gemakkelijk met een periodiek signaal worden gesynchroniseerd, een principe

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

waarvan thans in de televisietechniek op ruime schaal gebruik wordt gemaakt.

Met behulp van relaxatietrillingen kan men ook gemakkelijk demultiplicatie van frequenties (frequentiedeling) teweeg brengen en de onderharmonischen van een toon realiseren, zulks in tegenstelling tot de vorming van bovenharmonischen, die men verkrijgen kan door in een normale trillingsketen niet-lineaire impedanties op te nemen.

Van der Pol wees er verder op, dat het begrip relaxatietrilling ook van belang is voor de biologie. De rol van „weerstand" wordt daarbij vervuld door een of ander diffusieverschijnsel dat het biologisch gebeuren beheerst. Voorbeelden zijn de reactie van de bladstand van planten op de wisseling van dag en nacht en de functie van het menselijk hart.

Het gelukte aan Van der Pol en J. van der Mark een electrisch model van het hart te maken, dat opgebouwd was uit een aantal glimlampen, capaciteiten en weerstanden, waarmee niet alleen de gedragingen van het normale hart, maar ook bepaalde pathologische afwijkingen konden worden nagebootst. Het wil ons voorkomen dat de medici zich indertijd te sceptisch betoonden wat betreft de waarde van dit model. Gelukkig ziet men tegenwoordig echter een toenemende belangstelling van medische zijde voor de uitkomsten van de electrophysica en de electrotechniek, zoals bijv. in de neurophysiologie. Veel wijst er op dat in de naaste toekomst een nauwer samenwerking tussen medicus, physicus en electrotechnisch ingenieur, met wederzijdse waardering voor elkaars ervaringen en gezichtspunten, voor alle betrokken partijen, inclusief de patienten, van groot nut zal blijken te zijn.

Een belangrijk gebied van radio-onderzoek is dat betreffende de voortplanting van electrische golven en de wisselwerking tussen deze golven en de materie. Allereerst mogen hier genoemd worden de onderzoekingen over het huideffect (skin effect) en over de indringing van electromagnetische wisselvelden in geleiders. De practische kant van dit onderwerp kwam voor den dag bij de fabricage van radiobuizen, waarbij voor het ontgassen van diverse onderdelen in de gemonteerde buis deze laatste werd geplaatst in een hoogfrequent magnetisch wisselveld. Het was van belang de verwarming van het onderdeel (plaat, cylinder, rooster) als functie van de veldsterkte en van de orientatie in het veld te kunnen voorspellen; dit probleem is in dit laboratorium uitvoerig onderzocht o.a. door M. J. O. Strutt. Van bijzondere aard zijn de verschijnselen in lichamen van magnetisch materiaal. Het kan daarbij namelijk gebeuren dat het product $\mu\delta$($\mu = \mu_0\mu_r$ = permeabiliteit, δ = indringdiepte) boven het *Curie*-punt ($\mu \approx \mu_0$) klein is ten opzichte van de afmetingen en beneden het *Curie*-punt ($\mu \gg \mu_0$) groot. Dit heeft, zoals experimenteel is aangetoond door J. L. Snoek († 1950), merkwaardige consequenties indien kleine voorwerpen van magnetisch materiaal hoogfrequent worden verhit. Bij verzwakking van het veld blijft dan de temperatuur hoog, doordat voldoende vermogen wordt opgenomen zelfs bij een zwak veld. Daalt de temperatuur echter beneden het *Curie*-punt, dan neemt de energie-opneming snel af en men moet het veld veel sterker maken om opnieuw het lichaam een hoge temperatuur te doen aannemen.

De straling van antennes werd zowel experimenteel als theoretisch onderzocht. Wat het experimentele onderzoek betreft, moge bijvoorbeeld worden gewezen op uitgebreide veldsterktemetingen in de door diverse omroepzenders bestreken gebieden, welke metingen zich over het gehele Nederlandse grondgebied uitstrekten (R. Veldhuyzen).

Theoretisch was het probleem van de golfuitbreiding voor een vrij stralende dipool reeds door *H. Hertz* opgelost. Plaatst men de dipool boven een oneindige, volkomen geleidende, „vlakke aarde", dan kan men eenvoudig het veld van de dipool en dat van zijn spiegelbeeld sommeren. Neemt men echter in aanmerking dat de aarde een eindig geleidingsvermogen en een eindige relatieve diëlectrische constante heeft, dan wordt het geval veel ingewikkelder. Door *Sommerfeld* was reeds in 1909 een exacte formule voor dit geval afgeleid. Deze formule is echter voor het maken van berekeningen niet geschikt. Daarom werd tegelijkertijd een benaderingsformule gegeven voor het veld aan het aardoppervlak. In 1919 was hetzelfde probleem nog eens op andere wijze aangevat door *Weyl*, en in 1926 liet *Sommerfeld* zien dat de uitkomst van *Weyl* met de zijne overeenstemde. Hij gaf daarbij echter zijn benaderingsformule in een iets afwijkende vorm. Rondom de kwestie, welke van de twee formules, die van 1909 of die van 1926, de „juiste" was en wat het experiment hierover te beslissen had, is een uitgebreide literatuur ontstaan. Belangrijke bijdragen op dit gebied werden geleverd door Van der Pol en zijn medewerker K. F. Niessen (leerling van *Sommerfeld*), die o.a. een strenge oplossing in een nieuwe gedaante afleidden, en verder door de Amerikanen *Norton* en *Burrows*, welke laatste nauwkeurige experimentele bepalingen verrichtte, die in overeenstemming bleken te zijn met de formules van *Weyl* en Van der Pol-Niessen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Een voor de practijk belangrijke vraag is ook, welk deel van de energie die door een dipool wordt uitgestraald, in de aarde wordt gedissipeerd, omdat hieruit het rendement van een zender kan worden berekend. Dit mathematisch vrij ingewikkelde probleem werd door Niessen (1940) opgelost, daarbij gebruik makend van de exacte formule van *Sommerfeld*.

Het probleem van de uitbreiding van de golven over een bolvormige aarde is, aansluitend op werk van *Watson*, uitvoerig onderzocht door Van der Pol en H. Bremmer. Daar in de formules de afmeting van de bol en de golflengte niet aan bepaalde waarden gebonden zijn, gelden deze ook in andere gebieden van de physica, zoals voor de wisselwerking van lichtgolven met kleine waterdruppels (regenboog). Een merkwaardig theoretisch resultaat is bijv. dat de straling van de regenboog polarisatie vertoont. Men kan dit thans met een polaroïd-bril gemakkelijk verifiëren; naar het schijnt was het door de meteorologen nimmer opgemerkt.

In het bovenbedoelde onderzoek was de atmosfeer als een homogeen medium behandeld. Later heeft Bremmer belangrijke bijdragen geleverd tot de voortplanting in een inhomogene atmosfeer (ionosfeer, „ducts"). In Engeland was het ionosfeeronderzoek op brede basis experimenteel aangepakt door *Appleton*, die hierover in 1930 te Eindhoven een voordracht hield. Het kernprobleem, waarvoor men toen nog geen oplossing had, was het verband tussen de virtuele hoogte (lichtsnelheid in vacuum $\times$ halve reflectietijd) als functie van de frequentie enerzijds en de concentratie van de vrije electronen als functie van de hoogte boven de aarde anderzijds. Uit de discussies te Eindhoven kwam te voorschijn dat, althans bij verwaarlozing van het magnetisch veld, dit verband wordt gegeven door een integraalvergelijking van *Abel*, zodat men de uitkomst expliciet kan opschrijven.

Bij bepaalde frequenties wordt de reflectietijd oneindig. Door Van der Pol werd dit in verband gebracht met de geheimzinnige „delayed echo's", die in die tijd de aandacht van vele radioamateurs hadden. Hierbij dient echter opgemerkt dat deze door *Störmer* op geheel andere wijze werden verklaard en in verband gebracht met van de zon afkomstige geladen deeltjes op grote afstand van de aarde (10^6 km).

Een merkwaardig effect van de ionosfeer, dat in Eindhoven is ontdekt, is de onderlinge beïnvloeding van radiogolven van verschillende frequentie. In de ledige ruimte geldt wegens de lineariteit der *Maxwell*-vergelijkingen exact het superpositie-principe, zodat twee golfsystemen elkaar kunnen doordringen zonder elkaar te storen. In de ionosfeer is de wisselwerking echter gedeeltelijk van niet-lineaire aard, zodat golven die de ionosfeer boven een sterke zender passeren, met de frequenties van die zender worden gemoduleerd. Tellegen nam dit te Eindhoven waar bij de signalen van de zender Beromünster, waarbij de sterke zender Luxemburg storend optrad.

Naast dit grotendeels zuiver wetenschappelijk onderzoek werd, zoals gezegd, op radiogebied een aanzienlijke hoeveelheid op toepassing gericht onderzoek verricht, zowel met betrekking tot de radiobuizen als in verband met de verdere apparatuur. In de eerste plaats onderging natuurlijk de radiobuis voortdurend veranderingen. Men ging allerwegen tot een rationele dimensionnering van de diverse electroden over. De gloeidraad werd vaak vervangen door een indirect verhitte kathode. Een tweede rooster werd aangebracht, eerst als ruimteladingsrooster, later als schermrooster (*Hull*), om de i_a-V_g karakteristiek ongevoeliger te maken voor veranderingen in de anodespanning en bovendien met de functie de stuurrooster-anode-capaciteit klein te maken, een eigenschap die gewenst was in verband met het werken met steeds hogere frequenties.

In de aldus gevormde zg. tetrode werd nog veel hinder ondervonden van de secundaire emissie van de anode. Tellegen bracht daarom tussen schermrooster en anode nog een derde rooster (remrooster) aan, dat de secundaire electronen tegenhield. Zo ontstond dus de vijf-electroden-buis of penthode, die oorspronkelijk als eindbuis en daarna ook in andere schakelingen werd gebruikt. Deze op het eerste gezicht niet zeer ingrijpende verandering is gebleken een buitengewoon belangrijke verbetering te zijn geweest, gezien het feit dat thans, op een kleine fractie na, alle radiobuizen penthoden zijn!

Uitvoerige onderzoekingen werden verricht over het gedrag van deze en andere soorten buizen in diverse functies, zoals bijv. voor hoogfrequent- en laagfrequentversterking (A. J. Heins van der Ven, J. van Slooten, H. van Suchtelen e.a.).

Ook aan de constructie van zendbuizen werd veel aandacht besteed, mede in verband met het in gebruik nemen van de ultrakorte golven (15-50 m) voor het radiotelefonisch verkeer op grote afstanden. Een experimentele zender werd gebouwd (J. J. Numans), voorlopig voorzien van een „kunstantenne", waarin de normaal als straling af te geven energie kon worden gedissipeerd. Een hoogtepunt in de geschiedenis van het laboratorium werd

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

H.M. Koningin Wilhelmina sprak op 1 Juni 1927 voor de microfoon van de zender PCJJ tot de overzeese gebiedsdelen.

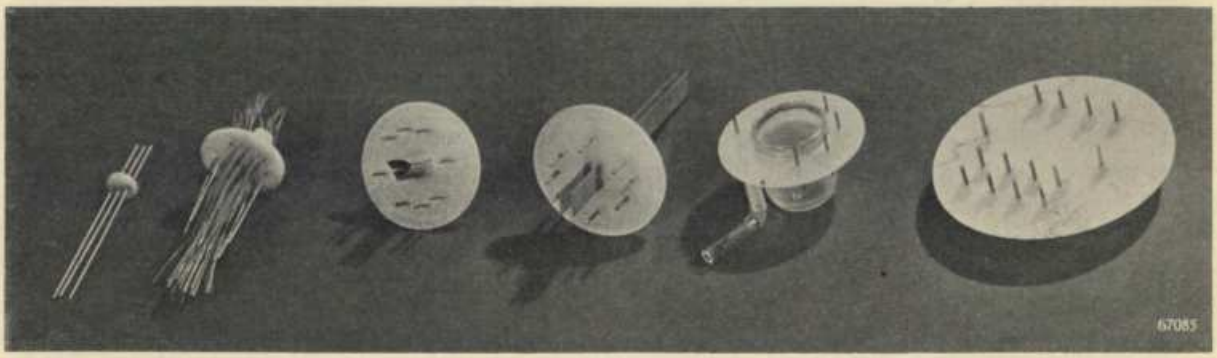
bereikt in Maart 1927, toen deze zender op een antenne werd aangesloten en men verbinding kreeg met het toenmalige Ned. Oost-Indië. Deze verbinding verkreeg spoedig wereldvermaardheid, mede doordat de zender (PCJJ) op 1 Juni 1927 door *H.M. Koningin Wilhelmina* voor het uitspreken van een radiorede tot de overzeese gebiedsdelen werd gebruikt.

In verband met het in gebruik komen van steeds hogere frequenties moet ook gewezen worden op de ontwikkeling van het magnetron als zendbuis. Tot het goed begrip van de werking daarvan heeft het Philips-laboratorium belangrijke bijdragen geleverd. De beschouwingen van K. Posthumus over de werking van het magnetron met gespleten anode vormen nog steeds de basis van iedere theoretische verhandeling op dit gebied. Reeds vóór 1940 werden in het laboratorium proeven gedaan over afstandsbepaling door middel van radiogolven van 1 m lengte en kleiner, die met een magnetronzender werden opgewekt, een principe dat elders, in de periode 1940-45, in de vorm van „radar" uitgebreide toepassing heeft gevonden.

De constructie en fabricage van de radiobuizen vereist veel zorg en speciale methoden. De toepassing van steeds hogere frequenties vroeg om steeds kortere verbindingen en daardoor een andere wijze van doorvoering van de electroden. Door toepassing van persglas of van poederglas en van speciale doorvoermetalen kon men hieraan tegemoet komen. Deze ontwikkeling kwam voor een groot deel in de fabriekslaboratoria tot stand.

Aanvankelijk waren radiobuizen en enkele onderdelen, zoals bijv. plaatspanningsapparaten, laagfrequent-transformatoren en weerstandskoppelingen de enige producten die door de fabriek op dit gebied werden vervaardigd. Deze werden dan door amateurs en speciale constructeurs bij hun opstellingen gebruikt. Naarmate echter de radio-omroep meer en meer populair werd, nam de vraag naar radio-ontvanginstallaties zo sterk toe dat het de moeite begon te lonen naast de fabricage van radiobuizen die van complete radio-apparaten ter hand te nemen. Wij kunnen ons thans nauwelijks voorstellen dat dit 25 jaar geleden iets heel bijzonders was.

Vrijwel direct was daarbij het streven gericht op een apparaat dat zonder batterijen werkte en geheel uit het net werd gevoed. De inmiddels ook in Eindhoven uitgewerkte indirect verhitte kathode gaf daartoe de mogelijkheid.



In bodems van poederglas kunnen metalen doorvoerdraden en -staven in bijna onbeperkt aantal en in willekeurige rangschikking worden ingesmolten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Met de bouw van radio-apparaten was, zoals reeds is opgemerkt, een groot aantal problemen verbonden die, in het begin zelfs tot in allerlei constructieve details, in het laboratorium werden behandeld (Bol, C. J. van Loon, J. M. Unk). Enerzijds was er de vraag naar bepaalde schakelingen, die zo doeltreffend mogelijk moesten worden geconstrueerd en tegelijk zo moesten zijn dat fabricage en reparaties eenvoudig uit te voeren waren, anderzijds naar nauwkeurige meetmethoden om de werking van als proef opgezette schakelingen na te gaan.

Veel aandacht werd besteed aan de spoelen. Door deze zo goed mogelijk verliesvrij te maken (volgens een in dit laboratorium door H. Rinia aangegeven principe) kon men de selectiviteit vergroten en een zg. „straight set" bouwen met vier afgestemde kringen, die lange tijd uitstekend voldeed. Toen het „gedrang in de aether" groter werd en het aantal zenders binnen de toegestane frequentiebanden toenam, met als gevolg dat het gebied der ultrakorte golven in de omroep werd betrokken, is men overgegaan tot superheterodyne-ontvangers.

Zeer belangrijk is geweest de uitvinding door Posthumus van de tegenkoppeling, die reeds in 1928 in enige octrooien werd vastgelegd. Dit principe, waardoor vervormingen die het gevolg zijn van de kromming van de buiskarakteristieken kunnen worden verminderd, werd dan ook spoedig in de Philips-ontvangers ingevoerd. Het is echter nog van veel wijdere strekking gebleken, zodat het thans dan ook in vrijwel alle versterkers, in velerlei regel-apparaten enz. wordt toegepast.

Voor die gevallen waarin voor de voeding van radio-apparatuur een zeer constante spanning (lage inwendige weerstand) wordt vereist, werd een zelfregelend plaatspanningsapparaat ontwikkeld (Rinia, H. J. Lindenhovius). In verband met afvlaksystemen voor de voeding van radio-apparaten moet hier ook gewezen worden op de aanzienlijke arbeid verricht op het gebied van electrolytische condensatoren (Van Geel, A. Claassen).

Een moeilijkheid bij de fabricage van radiotoestellen was de ongelijksoortigheid der electriciteitsnetten, speciaal de aanwezigheid van gelijkstroomnaast wisselstroomnetten. Door J. W. Alexander werden trilleromvormers geconstrueerd, die gelijkspanning van 100 à 200 V in wisselspanning omzetten. Dergelijke trillers zijn nu algemeen voor autoradio's in gebruik om de accuspanning van 6 V in 220 V wisselspanning te transformeren.

Een ander probleem is de voeding van apparaten op plaatsen waar geen net aanwezig is. In plaats van voeding met accu's en droge batterijen heeft men wel gedacht aan thermo-electrische stroomopwekking, welke echter te weinig economisch is. Later is hieruit de ontwikkeling van de hete-luchtmotor voortgekomen, die eerlang de plaats zal kunnen innemen van het eveneens voor dit doel toegepaste benzine-aggregaat.

De ontwikkeling van de radiotelefonie omvat tevens het probleem van de omzetting van het radiosignaal in hoorbare luchttrillingen, dus in spraak of muziek. Daardoor is de acoustiek, speciaal de electro-acoustiek, onverbrekelijk met het radiogebied verbonden. In 1925, toen men bij Philips onder leiding van R. Vermeulen met het vervaardigen van luidsprekers begon, berustten deze op het electromagnetische principe, dwz. op het overbrengen van de beweging van een anker op een membraan. Daarna kwam de electrodynamische luidspreker. Hierbij is aan het conusvormige membraan een cylindrisch spoeltje verbonden, waardoor de variabele signaalstroom loopt en dat is geplaatst in een radiaal magneetveld. Dit magneetveld werd oorspronkelijk verkregen met een door gelijkstroom bekrachtigd weekijzeren circuit. Bij Philips is men er spoedig toe overgegaan dit circuit te vervangen door een permanente magneet. Daarom is met deze ontwikkeling een uitgebreid onderzoek op het gebied van magneetstaal verbonden geweest, waarop wij nog terugkomen. De nieuwe magnetische materialen vereisten tevens een nieuwe vormgeving van de magneten. Daarom werd ook de nodige aandacht besteed aan het ontwerpen van magnetische circuits (A. Th. van Urk).

Behalve in de ontwikkeling van luidsprekers is een aanmerkelijke arbeid gestoken in die van versterkers, waaruit weer activiteit op het gebied van lijntelefonie voortvloeide (W. Six, H. G. Beljers, J. te Winkel).

In verband hiermede mogen genoemd worden diverse in het laboratorium ontwikkelde meetapparaturen, zoals een meetbrug voor het meten van verliezen in spoelen en condensatoren, waarmede fazehoeken met een nauwkeurigheid van 10^{-6} in het frequentiegebied van 10^3—10^5 Hz kunnen worden gemeten (J. W. Köhler, G. C. Koops († 1950)).

Verder legde men zich toe op de ontwikkeling van diverse typen microfoons, groeftasters en motoren voor grammofoons, en ten slotte op geluidsreproductie voor de sprekende film en voor omroepstudio's. Hierbij speelde een belangrijke rol het Philips-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Miller-procédé, waarbij een in breedte gemoduleerd spoor wordt gesneden in een van een laklaag voorziene celluloïdband, waarna het langs de bekende optische weg kan worden afgetast. Een voordeel van dit systeem was, dat het resultaat direct afspeelbaar en dus controleerbaar was.

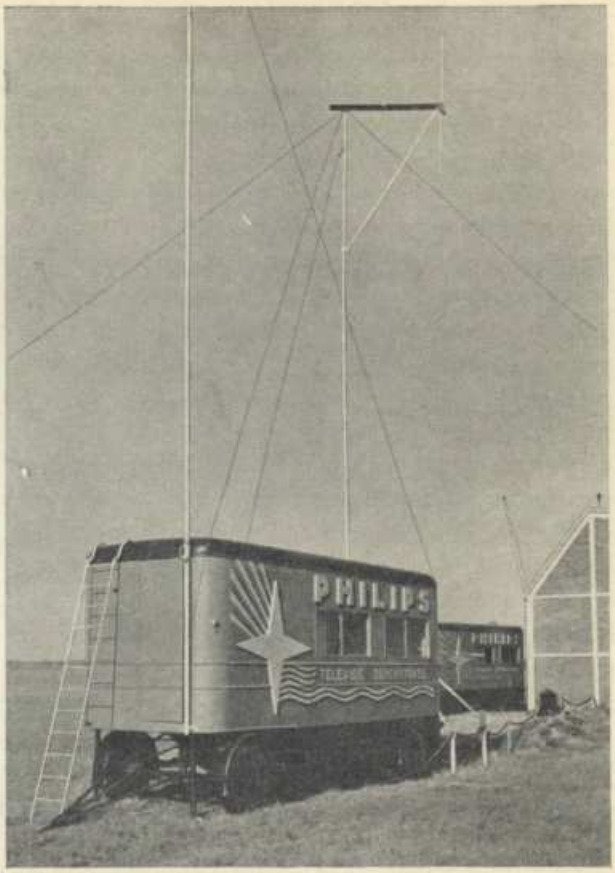
In dit verband moet genoemd worden een door K. de Boer ontwikkeld systeem van stereofonische geluidsweergave, zowel direct, als door middel van grammofoonplaat of Miller-band.

Ook op het gebied van de physiologie van het gehoor werd belangrijk werk verricht, waarvan wij in het bijzonder willen noemen het onderzoek van J. F. Schouten betreffende de geldigheid van de zg. acoustische wet van *Ohm*. Uit dit onderzoek kwam te voorschijn dat in een mengsel van frequenties die een veelvoud zijn van een zekere grondfrequentie, deze laatste waargenomen kan worden ook als deze frequentie zelf niet in het mengsel aanwezig is („residu"-theorie).

Verder werden door L. Blok diverse toongeneratoren ontwikkeld, die o.a. bij audiometrisch onderzoek werden toegepast.

In het laatste hoofdstuk komt de verdere ontwikkeling van de geluidsreproductie-techniek ter sprake.

Naast de ontwikkeling van de radio begon reeds in de dertiger jaren die van de televisie. Bij de eerste proeven op dit gebied werd aan zend- en ontvangzijde gewerkt met een *Nipkow*-schijf met 48 lijnen. Daarna werd aan de ontvangzijde een kathodestraalbuis gebruikt, terwijl de *Nipkow*-schijf aan de zendzijde bleef bestaan; deze werd geperfectionneerd voor het opnemen van films (Rinia). Later werd aan de zendzijde gebruik gemaakt van de inmiddels in de U.S.A. door *Zworykin* ontwikkelde iconoscoop. Hiermede werden diverse installaties uitgerust, eerst voor 180 lijnen, later omschakelbaar op groter lijnenaantal (Van der Mark, G. Hepp, A. Venis). Ervaring werd verzameld op het gebied van de constructie van versterkers (J. Haantjes e.a.) en de bouw van zenders (W. Albricht). Ook werden reeds proeven gedaan met televisieprojectie, door middel van lenzen, onder gebruikmaking van een kathodestraalbuis met een hol scherm (M. Wolf). Volledige mobiele televisie-apparaturen werden gebouwd, die, in uit twee wagens samengestelde „karavanen", demonstratiereizen maakten door West-Europa (Utrecht, Brussel, Antwerpen, Kopenhagen, Stockholm) en door Oost-Europa (Budapest, Bukarest, Zagreb, Belgrado, Warschau). Door het uitbreken van de oorlog kwam hieraan in 1940 een abrupt einde.



67083

Reeds in 1937 was een transportabele installatie voor televisie-uitzending en -ontvangst gereed gekomen, die door een groot deel van Europa is getrokken voor het geven van demonstraties. Er kon met 405 en met 567 lijnen worden gewerkt.

III. Chemie

Het is misschien te veel gezegd als men beweert dat alle chemische problemen die in de loop van de tijd in het Philips-laboratorium zijn aangevat, eveneens uit de gloeilamp zijn voortgekomen, maar voor een groot aantal is het toch, direct of indirect, wel het geval.

Chemische problemen ontstaan bij de gloeilamp, zo men afziet van de metallurgie van het wolfraam en van de glasfabricage, bij de inwerking van de uit de ballonwand en de metalen toevoerdraden afkomstige gassen op de gloeiende wolfraamdraad, waarbij vooral sporen waterdamp een funeste invloed uitoefenen. De waterdamp wordt door de gloeidraad ontleed, waarbij de zuurstof zich met wolfraam verenigt tot vluchtig wolfraamoxyde, dat naar de glaswand verdampt. De overblijvende waterstof reduceert dit oxyde weer tot metallisch wolfraam. Door deze „kringloop van *Langmuir*" wordt dus voortdurend wolfraam naar de ballonwand getransporteerd, waardoor deze geleidelijk zwart wordt. Het is daarom noodzakelijk waterdamp en andere gassen te verwijderen. Dit doet men door in de ballon een stof te brengen zoals phos-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

phorus, die zich met de restgassen verenigt tot een niet-vluchtig onschadelijk product. Een dergelijke stof wordt „getter" of vangstof genoemd. In radiobuizen, waar men phosphorus wegens zijn hoge dampdruk niet kan toepassen en restgassen bovendien ongewenst zijn, omdat ze in geïoniseerde toestand de oxydekathode aantasten en roosterstromen veroorzaken, en in röntgenbuizen, waar ze de kans op doorslag vergroten, gebruikt men ook wel metalen zoals barium en zirconium als vangstoffen.

Ook als zich in de ballon van een gloeilamp geen gassen meer bevinden die de gloeidraad kunnen aantasten, vindt echter nog verdamping van het wolfraam plaats. Deze verdamping veroorzaakt eveneens op den duur zwart worden van de ballon en daardoor een dalen van de lichtkracht van de lamp. Bovendien neemt de dikte van de gloeidraad af, hetgeen ten slotte het bezwijken van deze ten gevolge heeft. Dit laatste geldt evenzeer voor de met gas gevulde lamp. Het feit dat de gasvulling als zodanig de verdamping tegengaat, wordt namelijk teniet gedaan door het feit dat men de gloeidraadtemperatuur zodanig opvoert dat ongeveer dezelfde levensduur wordt verkregen, met als winst een vergroot lichtrendement.

De verdamping verloopt overigens verschillend naar gelang men te doen heeft met een met gas gevulde lamp of met een vacuumlamp. In een met gas gevulde lamp maken de wolfraamatomen vele botsingen met de gasmoleculen; zij hebben daardoor gelegenheid zich tot aggregaten te verenigen, die als sub-microscopische vlokjes door het gas dwalen en zich ten slotte op de glaswand afzetten. Wegens de convectie geschiedt dit bij voorkeur in dat deel van de lamp dat bij het branden naar boven is gekeerd, en dus meestal niet op dat deel van de ballon dat het meeste licht doorlaat. Anders bij de vacuumlamp: daar bewegen zich de wolfraamatomen rechtlijnig van de gloeidraad naar de wand. Men kan zich voorstellen dat een wolfraamatoom dat de glaswand treft, door de wand wordt teruggekaatst evenals een kleine metalen kogel. Wij weten echter dat ten slotte het wolfraam zich aan de wand hecht, dus moet het bij de botsing een deel van zijn kinetische energie verliezen. *Langmuir* stelde zich voor dat het atoom zich steeds tijdelijk vasthecht aan de wand en daarna als het ware opnieuw verdampt. Er zou dus sprake zijn van een zekere verblijftijd van het atoom aan de wand (plaktijd). Dit is door Clausing door nauwkeurige experimenten bevestigd. Bij cadmiumatomen kon weliswaar slechts een bovenste grens (10^{-6} sec) voor de plaktijd worden bepaald, in het geval van argonatomen op glas echter werden bij temperaturen van 80° à 90 °K verblijftijden van 10^{-4} à 10^{-5} sec gevonden.

Wij zijn hier enigszins uitvoerig op ingegaan, omdat dit onderzoek een inleiding vormde tot de nu volgende onderzoekingen betreffende de adsorptie van wolfraamatomen en de daardoor veroorzaakte lichtabsorptie. Zolang de wolfraamatomen geïsoleerd op de wand zitten, veroorzaken ze namelijk geen merkbare lichtabsorptie, wel als ze een aaneengesloten metaallaag vormen. Men bestrijdt derhalve de absorptie door vóór het insmelten op de gloeidraad behalve de vangstof een weinig van een zout, bijv. CaF_2, te spuiten. Zodra de gloeidraad op hoge temperatuur wordt gebracht, verdampt dit zout en zet zich als een onzichtbaar laagje op de wand af. De wolfraamatomen die van de draad afdampen, schieten in deze zoutlaag. Zij blijven door de zoutdeeltjes van elkaar gescheiden, met het gevolg dat zij het licht aanzienlijk minder absorberen dan wanneer geen zout aanwezig is.

Omstreeks 1920 was over de werking van deze zoutlaagjes weinig met zekerheid bekend. Het onderzoek hiervan vormde een uitgebreid programma, dat de chemici bij Philips, met name J. H. de Boer, gedurende meer dan 15 jaar in beslag heeft genomen. Het is daarbij gebleken, dat men zich de zoutlaag niet moet voorstellen als een homogene massa, maar als een agglomeraat van zeer kleine kristallamellen, met een dikte van ongeveer 10^{-6} cm, die schots en scheef op elkaar geplaatst zijn en daardoor een zeer groot werkzaam oppervlak hebben, tientallen malen groter dan het glasoppervlak dat ze bedekken. De wolfraamatomen worden aan het oppervlak van de kristallen geadsorbeerd. De uitvoerige studie van de adsorptie van atomen en moleculen (bijv. caesium en jodium) aan dergelijke zoutlagen (De Boer, C. J. Dippel, C. F. Veenemans) heeft tot belangrijke resultaten geleid.

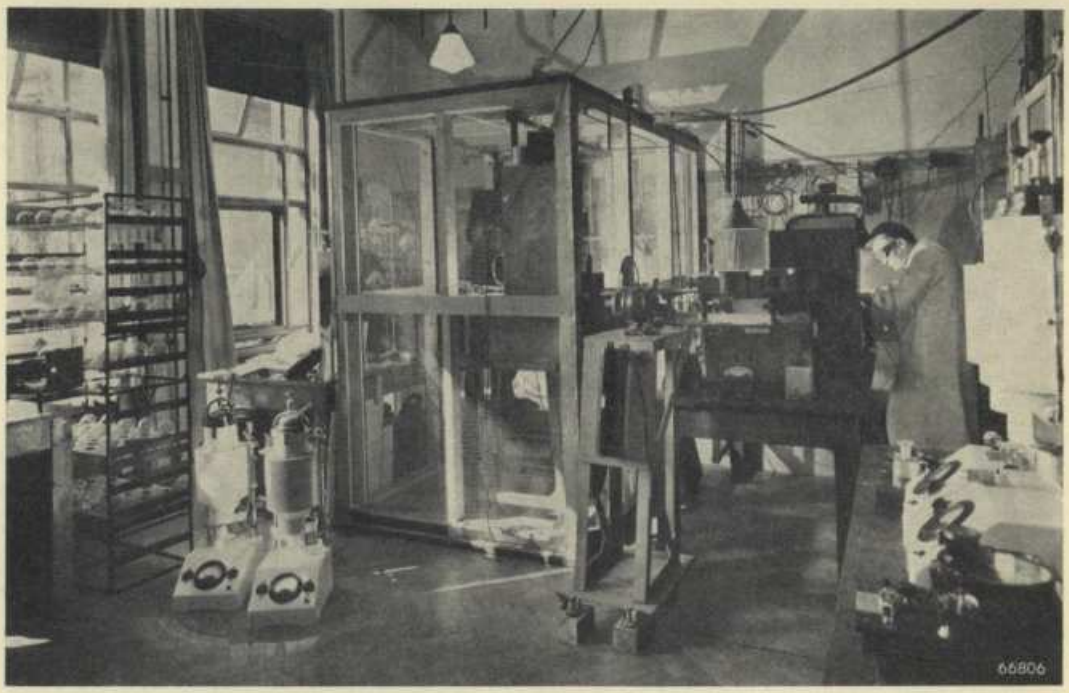
Metalen zoals caesium kunnen ook aan metaaloppervlakken worden geadsorbeerd. Zij hebben dan de eigenschap de uittreepotentiaal van het metaal te verlagen en dus de electronenemissie, zowel de thermische emissie als die onder invloed van bestraling met licht — foto-electrisch effect —, te vergroten. Door de geadsorbeerde laag te oxyderen en op de oxydelaag opnieuw caesium te dampen, kan men gecompliceerde lagen maken, die bijzonder sterk foto-electrisch werkzaam zijn (M. C. Teves). De studie van deze emissie was van belang voor de constructie van fotocellen, waaraan behoefte ontstond in verband met de sprekende film. De

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

grondige beheersing van de techniek dezer lagen leidde tot nieuwe mogelijkheden, zoals de „lichttransformator" voor het omzetten van infrarode straling in zichtbaar licht (Holst, De Boer, Teves), de multiplicatorbuis, en later de televisieopneembuizen.

De onderzoekingen over het verdampen van CaF_2 leidden ook tot het beproeven van andere verbindingen voor hetzelfde doel, zoals H_3BO_3, K_2BF_4, en in verband daarmee tot beschouwingen over de vluchtigheid van diverse verbindingen. Waardoor is bijv. NaCl een stof met een hoog smeltpunt en een bij kamertemperatuur verwaarloosbaar kleine dampspanning, WCl_6 daarentegen een gemakkelijk smeltende en verdampende stof? Indien men zich op het standpunt stelt van de theorie der heteropolaire chemische binding, dan is het antwoord eenvoudig. Het molecuul van NaCl is opgebouwd uit een positief natriumion en een negatief chloorion. Deze vormen samen een electrische dipool, zodat twee NaCl-moleculen elkaar zeer sterk aantrekken. Daarentegen is bij WCl_6 het centrale metaalion omgeven door zes chloorionen, die de lading van het centrale ion afschermen. Hier bestaat dus geen sterke aantrekking tussen naburige moleculen. De theorie van de heteropolaire chemische binding was in 1920, voortbouwend op het werk van *Bohr*, door *Kossel* opgesteld. Het is vooral Van Arkel geweest, die zich in deze richting heeft bewogen en een min of meer sluitend systeem van verklaring van de voornaamste feiten der anorganische chemie wist op te stellen, een systeem dat van grote waarde is als basis voor het chemisch denken en voor het onderwijs in de scheikunde. Het is als een gelukkige omstandigheid te beschouwen, dat dit systeem min of meer afgesloten was voordat door de ontwikkeling der quantummechanica het begrip der homeopolaire binding meer op de voorgrond kwam. De eenzijdig-heteropolaire beschouwing kon daardoor geleidelijk in het nieuwe systeem worden ingevoerd, zonder haar waarde te verliezen.



Meting van de spectrale doorlating van verschillende stoffen in het ultraviolet. Rechts de bron van ultraviolette straling en de monochromator. In het midden, in een afschermkooi, de meetopstelling met fotocel.

In het geschetste verband werd van een aantal moleculen en kristalroosters de vormingsenergie berekend, en de relatieve stabiliteit van diverse molecuulmodellen nagegaan. Een ander gebied waarop deze beschouwingen werden toegepast, was het verband tussen physische eigenschappen van homologe organische verbindingen, bijv. het verband tussen de kookpunten van CH_4 en van de verbindingen die men krijgt door in CH_4 één of meer waterstofatomen door atomen F, Cl, Br of J te vervangen. Dit onderzoek is later, nadat Van Arkel benoemd was tot hoogleraar te Leiden, door hem en zijn leerlingen tot een groot aantal andere verbindingen uitgebreid. Vermeldenswaard is nog de studie van het diëlectrisch gedrag van organische dipoolmoleculen in oplossing, welk onder-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zoek o.a. leidde tot de zogenaamde „formule van Van Arkel en Snoek", welke later door *Onsager* en door *Böttcher* theoretisch is bekeken.

De studie van de vluchtigheid van metaalverbindingen leidde ook tot belangrijke technische consequenties. Het was bekend dat WCl_6 en waterstof aan het oppervlak van een gloeiende wolfraamdraad met elkaar kunnen reageren onder vorming van wolfraam, dat zich op de draad afzet. Neemt men hiervoor een eenkristaldraad (*Pintsch*-draad), dan wordt ook het aangroeiende kristal een éénkristal. In het Philips-laboratorium werd gevonden dat de ontleding van WCl_6 bij hogere temperatuur ook zonder waterstof verloopt; getracht werd langs deze weg ook andere metalen in zuivere toestand te bereiden. Het meest frappante resultaat was misschien wel de bereiding van titanium, zirconium, hafnium en thorium uit hun jodiden door deze op een dunne wolfraamdraad als kern neer te slaan (De Boer en J. D. Fast). Titanium en zirconium, die bekend stonden als grijsachtige brosse substanties van twijfelachtig metallisch karakter, bleken nu te verkrijgen als fraai glanzende metallische producten. De staven, die uit enkele grote kristallen bestonden, bleken zeer ductiel te zijn, zodat men er draad van kon trekken en folies van kon walsen. Vooral voor titanium is dit van belang, gezien de belangstelling in de laatste jaren aan dit metaal geschonken. Ductiel zirconium vond belangrijke toepassingen in de vacuumtechniek. Aangebracht op de anode van een zendbuis blijkt het namelijk een uitstekende vangstof te zijn. Dit hangt samen met het schier onbegrensde vermogen van dit metaal om zuurstof en andere gassen op te nemen. De in het metaal opgenomen zuurstof draagt een negatieve lading, zoals blijkt uit het feit dat in een met zuurstof beladen zirconiumstaaf, waardoor gelijkstroom vloeit, de zuurstof zich naar de positieve pool beweegt.

De kennis van metalen en hun wisselwerking met gassen kwam het laboratorium goed te pas toen men besloot, naast de reeds bestaande lasgelijkrichters en bijbehorende gelijkrichtbuizen, ook lasstaven te gaan fabriceren (J. Sack († 1940), P. C. van der Willigen).

De studie van de wolfraamdraad en van het gedrag van wolfraam bij de bewerking leidde tot een uitgebreid onderzoek op het gebied van de rekristallisatie. Een stof die zich hiervoor bijzonder goed leent is aluminium, dat gemakkelijk te deformeren is en bij betrekkelijk lage temperaturen (< 600 °C) tot rekristallisatie is te brengen, terwijl de voortgang van de rekristallisatie is te volgen door etsen in koningswater na voorafgaande verwijdering van de oxydehuid met behulp van loog of fluorwaterstof. Deze eenvoudige techniek, aangevuld door kristallografische studie (W. G. Burgers, J. F. H. Custers) leidde tot een dieper inzicht in het wezen der kiemvorming. Dit onderzoek wordt heden nog door Prof. *W. G. Burgers* in het anorganisch-chemisch laboratorium der T.H. te Delft voortgezet.

Ten slotte is, in verband met de toepassingen op electrotechnisch en acoustisch gebied (transformatoren, luidsprekers), een uitgebreid onderzoek verricht naar de magnetische eigenschappen van metalen, in het bijzonder van ijzer en ijzerlegeringen (G. J. Sizoo, W. F. Brandsma, Elenbaas, Jonas, Snoek, Six, G. W. Rathenau, J. J. Went, H. J. Meerkamp van Emden).

Bijzondere producten, de vrucht van jarenlange studie op dit gebied, waren het gewalste nikkelijzer („Fernicube") met sterk anisotrope eigenschappen, voor *Pupin*spoelen, en magneetstalen met buitengewoon grote coërcitiefkracht en grote waarde van het product $(HB)_{max}$, die niet alleen in luidsprekermagneten, maar ook in hand- en rijwieldynamo's op uitgebreide schaal worden toegepast.

Bereiding van magneetstaal. De oven, waarin de legering door geïnduceerde hoogfrequente stromen is gesmolten, wordt leeggegoten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Belangrijk op het gebied van het onderzoek zowel aan magnetische als aan niet-magnetische metalen was het werk van Snoek over magnetische nawerking van ijzer, waarbij werd aangetoond dat deze samenhangt met de aanwezigheid van sporen koolstof en stikstof, welke niet alleen de magnetische, maar ook de elastische nawerking beinvloeden. Beide worden beheerst door een soort diffusie van op tussenroosterplaatsen aanwezige C- of N-atomen naar naburige tussenroosterplaatsen.

Andere materialen, die toen reeds in het laboratorium onder de loupe werden genomen, zijn de ferrieten, waaraan sinds 1934 door Van Arkel, Snoek en E. J. W. Verwey onderzoekingen werden gedaan.

Dit leidde o.a. tot het inzicht (De Boer en Verwey) dat een stof als Fe_3O_4 haar geleidingsvermogen dankt aan het feit dat ionen van eenzelfde element, maar van verschillende waardigheid, op kristallografisch gelijkwaardige plaatsen aanwezig zijn, hetgeen overgang van een electron van het ene ion naar het andere mogelijk maakt.

In het hieruit voortgekomen onderzoek raakte men vertrouwd met diverse problemen van de vaste stof, in het bijzonder met oxydische systemen, waarvan de spinellen een interessante ondergroep vormen. Deze laatste werden, zowel wat betreft hun electrische eigenschappen (Verwey e.a.), als ten opzichte van hun magnetische eigenschappen (Snoek), nader onderzocht. De studie der electrische eigenschappen leidde tot de ontwikkeling van halfgeleidende materialen, die van de magnetische eigenschappen tot het belangrijke magnetische materiaal „Ferroxcube", waarop wij later nog terugkomen.

Het reeds genoemde onderzoek van De Boer c.a. over de adsorptie van atomen aan kristallen werd uitgebreid tot die gevallen, waarin atomen in een kristalrooster zijn ingebouwd, een gebied waaraan in Duitsland door *Pohl* en zijn leerlingen veel aandacht was geschonken. Aan De Boer danken wij vooral het inzicht dat de plaats van een ontbrekend negatief ion in een ionenrooster kan worden ingenomen door een electron, welk electron ten koste van slechts weinig energie kan overgaan in een toestand waarin het als geleidingselectron fungeert.

In deze tijd werd het vaste-stof-programma geboren, dat later zo'n belangrijk gedeelte van de wetenschappelijke staf van het laboratorium zou bezighouden en dat o.a. als onderdeel het onderzoek van luminescerende stoffen bevatte.

De luminescerende stoffen (luminoforen of fosforen), die men gebruikt om het ultraviolette licht van gasontladingslampen in zichtbaar licht om te zetten, worden bereid volgens methoden die omstreeks 1890 door *Lenard* zijn aangegeven. Deze verrichtte onderzoekingen op het gebied van luminescentie, welke als klassiek te beschouwen zijn en die nog niets van hun waarde hebben verloren. In het bijzonder danken wij hieraan het inzicht dat het nalichten van stoffen, zoals zinksulfide, het gevolg is van de aanwezigheid van uiterst geringe bijmengselen van bepaalde metalen, zoals koper en zilver (activatoren).

Toen het zich liet aanzien dat grote hoeveelheden luminescerende stoffen nodig zouden zijn voor de lichttechniek, begon men zich bij Philips op de bereiding van deze stoffen toe te leggen en tegelijkertijd het onderzoek van de luminescentieverschijnselen ter hand te nemen. Dit onderzoek betrof zowel de physische zijde, zoals de spectrale samenstelling en de intensiteit van het luminescentielicht als functie van die van de opvallende straling, het nalichten van fosforen als functie van de tijd bij discontinue bestraling, de betrekking tussen de luminescentie en de temperatuur, luminescentie onder invloed van kathodestralen en röntgenstralen, als de chemische zijde, zoals de invloed van de samenstelling en de omstandigheden tijdens het praepareren op de luminescentie, en de invloed van bijmengselen (dovers, sensibilisatoren) op de intensiteit van fluorescentie en fosforescentie. De chemische en physische problemen zijn hierbij vaak niet te scheiden, zodat een nauwe samenwerking tussen physici en chemici of de vereniging van physicus en chemicus in één persoon bij dit onderzoek noodzakelijk is.

Belangrijke physische resultaten waren een dieper inzicht in het mechanisme van fluorescentie en fosforescentie, in het energietransport in fosforen en in het verband tussen nalichten en doving als functie van de temperatuur (F. A. Kröger, H. A. Klasens).

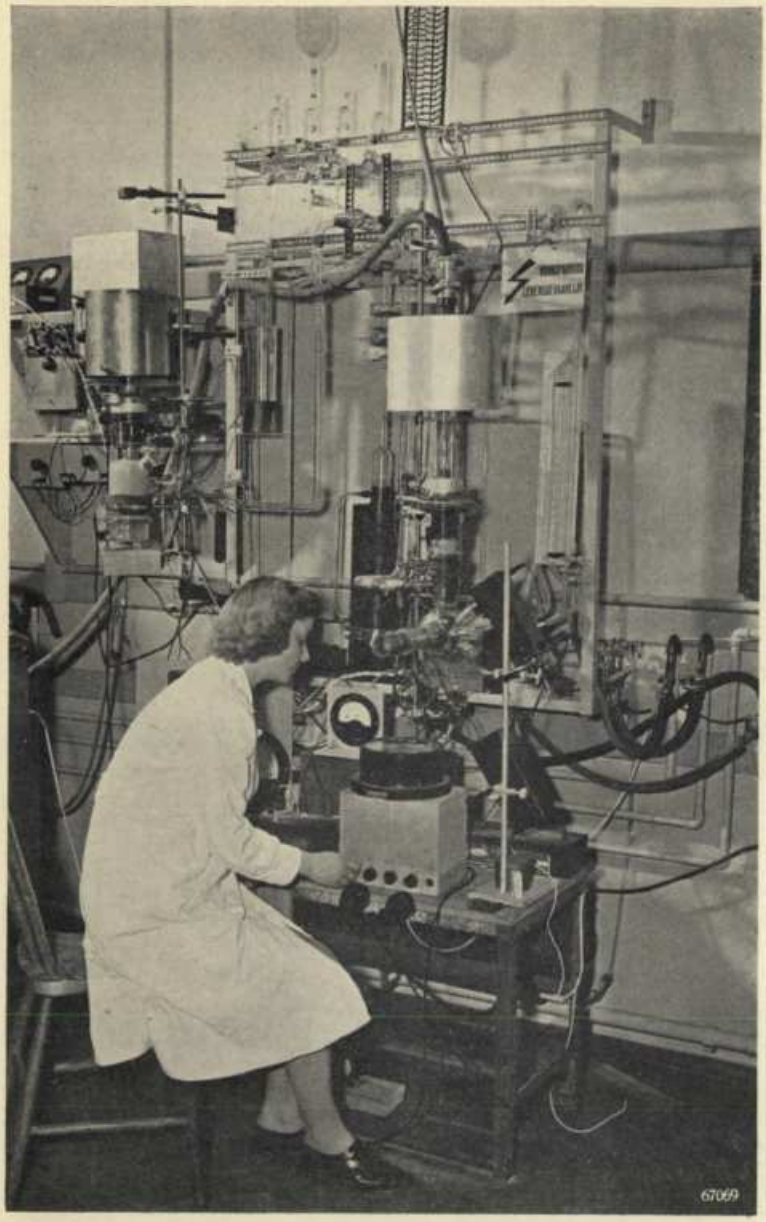
Chemische resultaten waren een verdieping van het inzicht in de eigenschappen van zinksulfide en daarmee verwante verbindingen en van stoffen zoals Zn_2SiO_4-Mn_2SiO_4 en andere mangaanfosforen (Kröger).

In het bovenstaande noemden wij al enkele gevallen waarbij organische verbindingen in de beschouwingen werden betrokken. Meestal ging het daar om eenvoudige organische moleculen, die zich zeer nauw bij de anorganische verbindingen aansluiten.

Maar ook de eigenlijke organische chemie, die der verbindingen met grote moleculen zoals gelatine, cellulose, eiwitten en kunstharsen, kwam aan de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Fosforen worden in een demontabele vacuumbuis blootgesteld aan een electronenbundel en onderzocht op hun fluorescentie-eigenschappen.

orde. Gelatine werd uitvoerig bestudeerd, omdat deze stof als basis diende voor het Philips-Millerband (Dippel, Vermeulen), dat bij de geluidsreproductie werd gebruikt. Dit band bestaat namelijk uit celluloïd met een doorzichtige laag gemodificeerde gelatine, voorzien van een ondoorzichtige laag HgS-sol, waarin de beitel van het schrijfapparaat een „geluidspoor" snijdt.

De kunstharsen werden oorspronkelijk bestudeerd in verband met de mogelijkheid om voetjes voor radiobuizen en luidsprekerschalen te maken, later ook om diverse onderdelen en kasten van radiotoestellen uit deze stoffen te vervaardigen. De met formaldehyde geharde phenolen, die naar de Belgische chemicus *Baekeland* de naam bakeliet hadden gekregen, werden door Philips onder de merknaam „Philite" in een groot aantal variëteiten in de handel gebracht.

Een derde groep van organische verbindingen, nl. de diazoverbindingen, is in het Philips-laboratorium uitvoerig onderzocht, toen het van belang werd, naast kwiklampen bestemd voor het lichtdrukprocédé, ook lichtdrukpapier te vervaardigen. Het gelukte daarbij, met behulp van deze verbindingen, gebracht in verschillende dragers, zoals cellofaan, papier, cellulose-esters enz., materialen voor fotografische reproductie te vervaardigen die, via de omzetting van de lichtontledingsproducten in een ontwikkelbaar latent metaalbeeld, uiteindelijk zilverbeelden geven met een scheidend vermogen van 1200 lijnen per mm, die interessante toepassingsmogelijkheden schijnen te bieden (Dippel, R. J. H. Alink, H. J. Keuning).

Ook aan de studie van colloïdchemische problemen werd de nodige aandacht besteed. Een resultaat van dit onderzoek, dat van belang was voor de fabricage van radiobuizen, was een nieuwe methode om oxydekathoden van een oxydelaag te voorzien, nl. door deze langs de weg van electroforese te bedekken met fijn verdeelde carbonaten van barium en strontium, die dan later tot oxyden worden gepraepareerd. Ook de isolerende laag om de gloeidraad van indirect verhitte kathoden wordt langs deze weg aangebracht (De Boer, Verwey, H. C. Hamaker).

Wij sluiten hiermede het overzicht van het chemisch onderzoek vóór 1940 af. Een aantal onderzoekingen aan metalen en aan onmagnetische en magnetische keramische materialen, glas en halfgeleiders, zal in het laatste hoofdstuk worden besproken.

IV. Röntgen

Van de radiobuis naar de röntgenbuis is slechts één stap. Iedere diode is in principe ook een bron van röntgenstraling, en hij wordt dat inderdaad zodra de electronen met voldoend grote energie op de anode aankomen. Bij de eigenlijke röntgenbuis komen soortgelijke problemen aan de orde als bij de radiobuis, zoals de vormgeving van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

electroden met het oog op de gedaante van het electrische veld, de banen van primaire en secundaire electronen en de focussering. Daarbij komen dan nog de bijzondere problemen die eigen zijn aan het werken met hoge spanningen, bijv. de doelmatige onderverdeling van de spanningsverschillen. Aangezien slechts een kleine fractie van de electronenenergie in röntgenstralen wordt omgezet en de rest als warmte aan de antikathode wordt meegedeeld, is de afvoer van deze warmte een belangrijk probleem: door een voldoende warmteafvoer en een geschikte constructie van de antikathode moet men zorgen, dat in het focus het materiaal, dat door de electronen wordt getroffen, niet smelt.

Physisch is de meting van de intensiteit van de röntgenstralen en van de doseringsterkte belangrijk. Door A. Bouwers, die in 1920 het röntgenonderzoek in het Philips-laboratorium ter hand nam, is aan dit probleem dan ook veel aandacht besteed.

Bij de constructie van röntgenbuizen krijgt men achtereenvolgens te maken met de bescherming van de gebruikers tegen straling en hoogspanning, met de verhoging van de specifieke belasting, met de eis van een gemakkelijke hanteerbaarheid en met een nadere studie van de toepassingen in verband met een juiste formulering der aan de apparatuur te stellen optische eisen (onscherpte). Deze toepassingen vallen uiteen in medische (diagnostiek en therapie), physische (bijv. kristalonderzoek met röntgenstralen) en technische (bijv. materiaalonderzoek).

Een belangrijke vinding was de aansmelting van glas aan metaal, waarvoor het reeds eerder genoemde chroomijzer werd toegepast. Daardoor werd het voor Bouwers mogelijk zeer robuuste röntgenbuizen te construeren, die, doordat het gedeelte waar de straling wordt opgewekt geheel door metaal was omgeven, een uitmuntende beveiliging gaven tegen ongewenste straling en die bovendien door het metaal te aarden een eenvoudige beveiliging tegen hoogspanning mogelijk maakten.

De ontwikkeling ging verder naar buizen voor steeds hogere spanning en steeds groter vermogen, zowel voor diagnostiek als vooral ook voor de therapie.

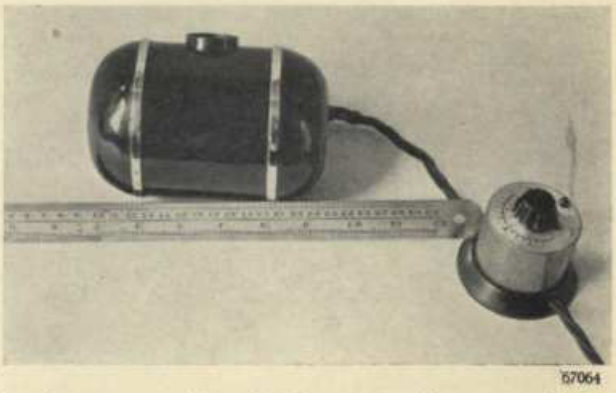
Als bijzondere röntgenbuizen noemen wij de het eerst door Bouwers, in samenwerking met J. H. van der Tuuk, gerealiseerde buizen met roterende anode. Het probleem van de warmtedissipatie in deze en andere anoden werd door W. J. Oosterkamp uitvoerig bekeken.

Verder werden speciale buizen geconstrueerd voor het kristalonderzoek met röntgenstralen, waarbij de antikathode uit speciale materialen, zoals molybdeen, koper, ijzer enz. wordt gemaakt omdat deze bij benadering monochromatische straling van bekende golflengte moet leveren.

In de eerste tijd werden alle röntgenbuizen op het laboratorium gemaakt, later werd een afzonderlijke röntgenfabriek ingericht. Een ver uitgewerkte en doorgevoerde technologie (vangstoffen!) met betrachting van uiterste reinheid bij het behandelen der materialen zijn de hoofdkenmerken van de röntgenfabricage.

Behalve de ontwikkeling van de röntgenbuizen vormt die van de apparaten voor het verkrijgen van de hoge spanningen, nodig voor het laten werken van de buizen, en van de bedieningsapparatuur, een belangrijk onderdeel van de activiteit op röntgengebied. Wisselspanning moet vaak in gelijkspanning worden omgezet, waarvoor speciale gelijkrichtbuizen (ventielen) nodig zijn, die oorspronkelijk van een wolfraamkathode, later van een oxydekathode of van een gethoriëerde wolfraamkathode werden voorzien.

Naast het streven naar steeds hogere spanningen en grotere vermogens was er ook belangstelling voor die gevallen waarin met relatief lage spanning en klein vermogen kan worden volstaan. Hiervoor werden kleine apparaten ontwikkeld waarin de röntgenbuis met de transformator tot een geheel is verenigd. Zulke apparaten doen dienst als draagbare apparaten bij de diagnostiek en bijv. als apparaten ten gebruike bij de tandheelkunde.



57064

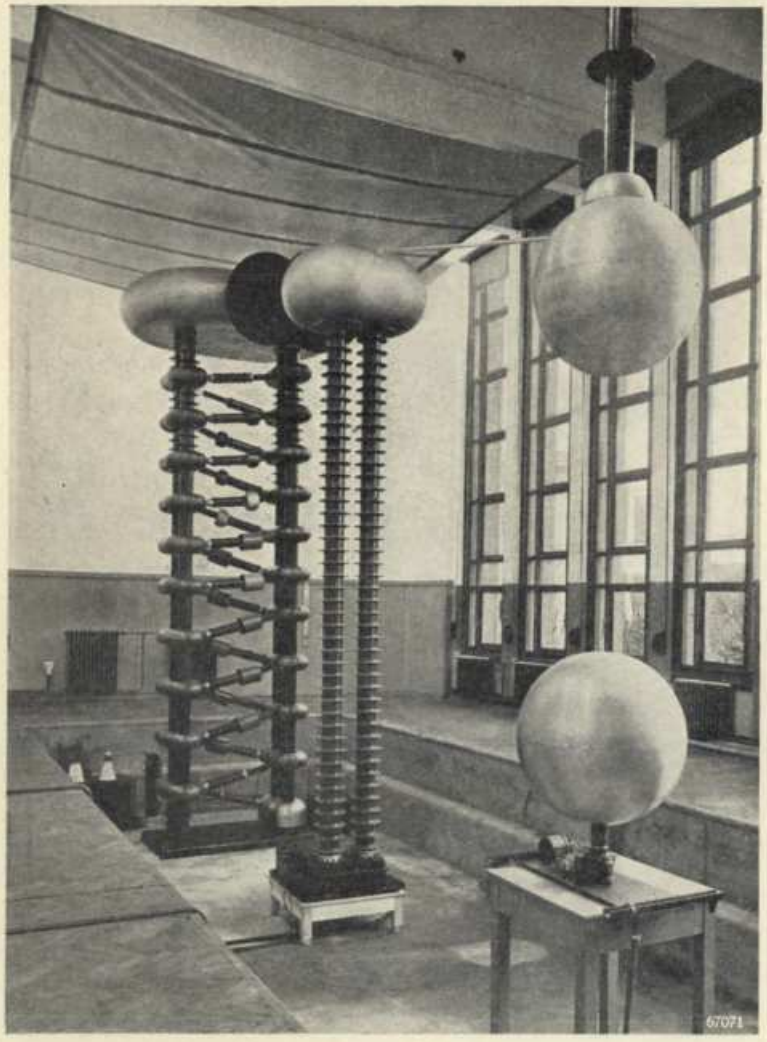
Een der eerste experimentele röntgentoestellen met zeer kleine afmetingen (1933) — een voorloper van de „Centralix"- en de „Oralix"-toestellen.

Het is gelukt langs deze weg een röntgenapparaat te maken dat zo klein is, dat men het in de broekzak kan dragen, en dat toch een behoorlijke röntgenbundel kan leveren.

Bij het onderzoek van stroombronnen voor hogere spanning kwam Bouwers tot het principe van de spanningsvermenigvuldiging door toepassing van een cascadeschakeling. Later bleek dat dit

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Een der eerste uitvoeringsvormen (1937) van een cascadegenerator, voor 1,7 MV gelijkspanning.

principe reeds lang geleden door *Greinacher* was aangegeven, terwijl het ook was gebruikt door *Cockcroft* en *Walton* bij het kernphysisch onderzoek in het Cavendish-laboratorium. Als bijzonder punt van de Philips-ontwikkeling op dit gebied verdient de elegante oplossing van de verhitting van de gloeidraden der ventielen door hoogfrequente stromen genoemd te worden (A. Kuntke). Een aantal hoogspanningsgeneratoren van dit type tot spanningen van 2 MV zijn te Eindhoven voor diverse instituten in verschillende landen gebouwd.

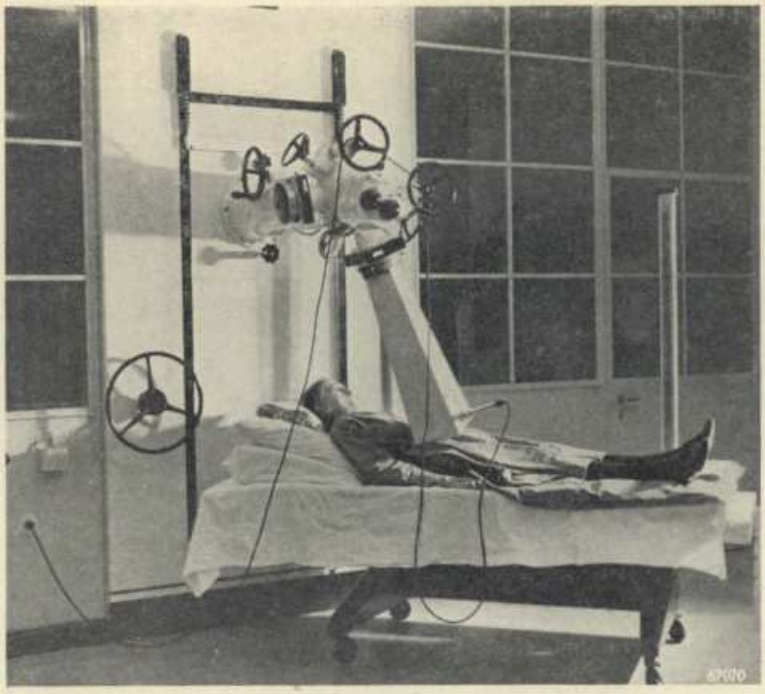
Gegeven de mogelijkheid om hoge spanning te maken, lag het voor de hand dat men zich ook op kernphysische onderzoekingen ging toeleggen. Door Bouwers en F. A. Heyn werd een ionenversnellingsbuis ontworpen waarmee ionen van deuterium, die in een afzonderlijke ionenbron werden gevormd, tot een energie van 1,2 MeV konden worden versneld en gericht op een trefplaatje van beryllium of lithium. Daardoor ontstaat een krachtige neutronenbron, die in staat is in de omgeving van deze bron geplaatste materialen kunstmatig radioactief te maken. Teneinde met de werking van dit apparaat vertrouwd te raken, werd er wetenschappelijk kernonderzoek mee verricht. Hierbij werd o.a. door Heyn bij de elementen Cu en Zn de $(n, 2n)$ reactie gevonden, waarbij dus de kern door één neutron wordt getroffen en twee neutronen afgeeft, onder vorming van een radioactief isotoop van hetzelfde atoomnummer, maar lichter dan het uitgangsisotoop. Door A. H. W. Aten, Bakker en Heyn werd in 1939 de transmutatie van uranium en thorium door neutronen nader onderzocht.

Vermelding verdient in dit verband nog een door Penning geconstrueerde neutronenbuis zonder afzonderlijke ionenbron, waarbij deuterium-ionen in een gasontlading worden versneld en het trefplaatje in de ontladingsbuis zelve is geplaatst. Teneinde hierbij voldoend hoge spanningen te kunnen toepassen en de vrije weglengte van de ionen voldoende groot te maken, is de buis gevuld met deuterium onder zeer lage druk en is de ontladingsruimte in een magneetveld geplaatst, om, evenals in de reeds eerder beschreven manometer, de electronen te dwingen lange banen te beschrijven en aldus de ontlading bij de lage druk mogelijk te maken.

Kleine gelijkrichter in cascadeschakeling, bestaande uit seleniumventielen en condensatoren. Bij aansluiting op 220 V wisselspanning levert hij 1200 V gelijkspanning, waarmee bijv. een *Geiger-Müller*-telbuis kan worden gevoed.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Installatie voor röntgentherapie, werkend met een spanning van 400 kV, in 1941 geleverd aan het Academisch Ziekenhuis te Groningen.

V. Wiskunde en theoretische physica

Met de groei van het laboratorium ging de belangstelling voor theoretisch-physisch en mathematisch onderzoek hand in hand. Evenals enerzijds noodzakelijk is naast op de practijk gericht ontwikkelingswerk meer op dieper inzicht aansturend experimenteel physisch onderzoek te verrichten, zo geldt anderzijds dat vruchtbaar experimenteren alleen mogelijk is wanneer bovendien de nodige aandacht aan de theoretische physica wordt geschonken. Dit brengt weer mee het leren beheersen en het zelfstandig mede-ontwikkelen van het hiervoor benodigde mathematische apparaat. In meerdere of mindere mate geldt dit voor ieder der boven behandelde groepen. Zowel de studie der gasontladingen als het radio-onderzoek, de physisch-chemische studie en het röntgenwerk brachten op hun tijd hun eigen mathematische problemen mee.

Op het gebied der gasontladingen moet gewezen worden op de mathematische behandeling door G. Hertz van de diffusie van electronen in een electrisch veld. De methode van Hertz heeft tot voorbeeld gestrekt aan talrijke theoretische berekeningen op dit gebied (Druyvesteyn, Penning, De Groot). Dit heeft ons een stap nader gebracht tot het ideaal, de verschillende ontladingsvormen te verklaren uitgaande van een klein aantal gegevens betreffende elementaire processen (kansen op aanslag en ionisatie bij botsing van electronen en atomen enz.), op soortgelijke wijze als de kinetische gastheorie de waarneembare grootheden, zoals druk en temperatuur, in verband brengt met de elastische botsingen tussen gasmoleculen.

Verder zagen wij bijvoorbeeld reeds dat met behulp van gelijkvormigheidsbeschouwingen de verschijnselen in ontladingen in kwikdamp van hoge druk onder één gezichtspunt konden worden gebracht. Eenmaal geoefend in deze rekenwijze, kon Elenbaas, aansluitend aan een publicatie van *Nusselt* (1916), soortgelijke beschouwingen toepassen op het verschijnsel der warmteafgifte door natuurlijke convectie. De vraag daarnaar was voortgekomen uit de fabricage van keerlaaggelijkrichters in verband met de dimensionnering van koelribben, maar ook andere convectieproblemen kunnen in de kring dezer beschouwingen worden getrokken, zoals dat van de warmteafgifte van horizontale cylinders, waarmee we weer zijn teruggekeerd tot de met gas gevulde gloeilamp van *Langmuir*.

Het onderdeel van het werkprogramma dat wel het meest de beoefening van de wiskunde stimuleerde, was de radio. Wij hebben reeds gelegenheid gehad te wijzen op belangrijke mathematische problemen die optreden in verband met de golfuitbreiding. Van der Pol heeft zich uitvoerig met de studie van de golfvergelijking en de potentiaalvergelijking bezig gehouden, niet alleen in drie dimensies, maar ook voor het geval dat het aantal dimensies kleiner of groter is dan drie.

Zoals bekend is, kan de voortplanting van golven op tweeërlei wijze worden behandeld, nl. als geheel, door oplossing van een „golfvergelijking", en door een benaderde oplossing van het gedrag van een smalle bundel of „straal". Deze laatste methode is welbekend uit de lichttheorie. De afbeelding door een lens wordt immers meestal niet bestudeerd door van de golfvoorstelling uit te gaan, maar door na te gaan hoe lichtstralen door de lens gebroken worden. In het geval van radiogolven heeft Bremmer uitvoerig onderzocht hoever men met deze geometrisch-optische benadering kan komen.

Naast de radio heeft vooral de atoomtheorie stof geleverd tot excursies op mathematisch gebied. Eigenaardig is, dat de wiskunde die bij deze problemen te pas komt zich nauw aansluit bij die welke men op het gebied van radio en acoustiek ontmoet. *Schrödinger* heeft namelijk in 1925 laten zien dat bijvoorbeeld de beweging van een electron onder

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

invloed van een electromagnetisch veld moet worden beschreven met een golfvergelijking die zekere overeenkomst vertoont met de vergelijking die de voortplanting van licht of geluid in een inhomogeen medium weergeeft, en dat de klassieke beschouwing van een electron als een „deeltje" dat een „baan" beschrijft zich tot deze beschouwing verhoudt als de geometrische optica tot de golfoptica. De grootheid die bij *Schrödinger* de rol speelt van „veldsterkte" of „deformatie" van het medium en die door hem met Ψ wordt aangeduid heeft daarbij de eigenschap dat $|\Psi^2|$ een maat is voor de kans een deeltje op een bepaalde plaats aan te treffen. De overeenkomst tussen deze problemen en die van de golfvoortplanting bij radio en acoustiek maakt, dat theoretici die in de respectieve gebieden werkzaam zijn elkaar spoedig verstaan en interesse hebben voor elkaars resultaten.

Bij de problemen die de trillingen in netwerken of de voortplanting van radiogolven betreffen, heeft men meestal te doen met min of meer ingewikkelde differentiaalvergelijkingen. *Heaviside* toonde aan dat men in vele gevallen het differentiaalsymbool, d/dt, kan opvatten als een algebraïsche grootheid (gewoonlijk voorgesteld door D), waarmee men gewone rekenoperaties kan uitvoeren. Op deze wijze kon hij op eenvoudige wijze diep liggende resultaten afleiden.

Deze operatorenmethode of symbolische rekenwijze („symbolic calculus") is aanvankelijk met veel wantrouwen aangekeken, maar later bijv. door *Carson* (1926) gerechtvaardigd. De door *Carson* aangegeven formulering komt hierop neer dat men aan een functie $h(x)$ een andere functie $f(p)$ toevoegt door de zg. *Laplace*-transformatie:

$$f(p) = p \int_0^\infty e^{-px} h(x) dx .$$

De gedaante van $f(p)$ hangt natuurlijk af van $h(x)$. Men noemt $f(p)$ het „beeld" of de „vertaling" van de functie $h(x)$ en duidt dit aan met het symbool

$$f(p) \doteq h(x).$$

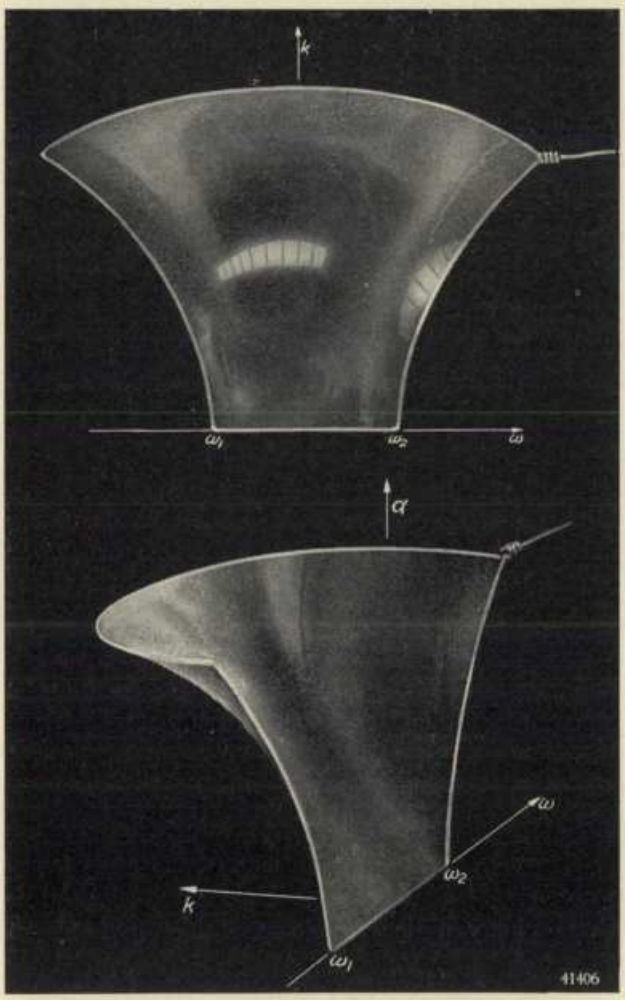
De functies x^n, e^{-x}, sin x en cos x hebben bijvoorbeeld tot beelden

$$\frac{n!}{p^n}, \quad \frac{p}{p+1}, \quad \frac{p}{p^2+1} \quad \text{en} \quad \frac{p^2}{p^2+1},$$

waarbij men opmerkt dat het beeld vaak een eenvoudiger functie is dan het origineel. Daardoor zijn betrekkingen tussen verschillende originelen af te leiden via eenvoudiger betrekkingen tussen hun respectieve beelden.

Van der Pol en Niessen hebben een groot aantal beelden uitgerekend en hieruit nieuwe betrekkingen tussen functies afgeleid. Wij vermeldden reeds het probleem van de antenne boven de vlakke aarde, waarbij ook van de symbolische rekenwijze werd gebruik gemaakt, onder verder te hulp roepen van de methoden van de theorie der functies van een complexe variabele.

Deze resultaten werden verkregen met behulp van de zg. eenzijdige *Laplace*-integraal, waarbij de integratie zich uitstrekt van 0 tot ∞. Later hebben Van der Pol en Bremmer zich uitvoerig beziggehouden met een symbolische rekenwijze waarbij van de tweezijdige *Laplace*-transformatie (integratie van $-\infty$ tot $+\infty$) wordt uitgegaan.



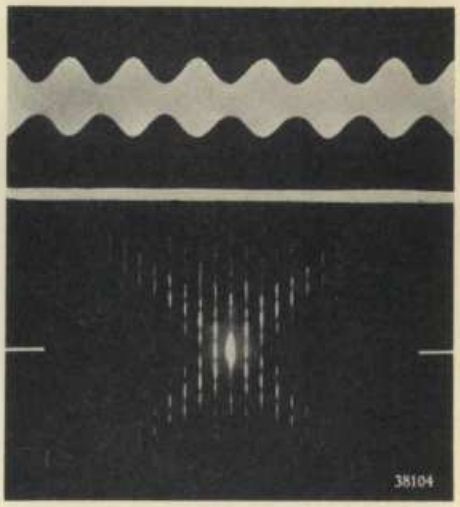
In het kader van de ontwikkeling der draaggolftelefonie was het nodig, de invloed van verliezen op het gedrag van electrische filters na te gaan. Dit gedrag wordt beheerst door de differentiaalvergelijking van *Laplace*. Een aanschouwelijke oplossing van deze vergelijking, met gegeven randvoorwaarden, wordt verkregen door een zeepvlies uit te spannen tussen ruimtekrommen die beantwoorden aan de randvoorwaarden. Het hier afgebeelde geval heeft betrekking op een banddoorlatend filter (grensfrequenties ω_1 en ω_2). k is een maat voor de verliezen, α een maat voor de demping.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De beschikbare ruimte veroorlooft ons niet in bijzonderheden te treden betreffende ander mathematisch werk in verband met radio en acoustiek. Vermelden wij slechts de talrijke publicaties van Strutt over acoustische en antenne-problemen, de berekeningen van Niessen over antennes en trilholten, van C. J. Bouwkamp over stralingseigenschappen van antennes en over acoustische en electromagnetische buigingsproblemen, van F. L. H. M. Stumpers en Th. J. Weyers over frequentiemodulatie, van Tellegen over netwerksynthese, waaruit later, als nieuw te voorspellen netwerkelement, de „gyrator" te voorschijn kwam, van Kleynen over electrische velden in radiobuizen, enz.

Van mathematische en theoretisch-physische bijdragen buiten het radiogebied moge nog worden gewezen op de onderzoekingen van J. Haringx over problemen uit de toegepaste mechanica, de publicaties van Bouma en G. Heller (†1945) over de geometrie van de kleurenruimte, van Niessen over het diamagnetisme en van Verwey en J. Th. G. Overbeek over de theorie der lyophobe colloïden.



Boven: Philips-Miller-strook, waarin een geluidspoor is gesneden (10 × vergroot). Laat men licht door de strook vallen, dan ontstaat een buigingsspectrum (onderste fig.), waaruit de *Fourier*-analyse van het opgenomen geluid kan worden afgelezen. In dit geval (zuivere sinustoon) bestaat het spectrum alleen uit componenten van de nulde en de eerste orde.

DE PERIODE 1940-1951

In het vorige hoofdstuk hebben wij getracht een overzicht te geven van het wetenschappelijk onderzoek in de periode 1923-1940, waarbij ook terloops de uit dit onderzoek voortgekomen technische producten ter sprake kwamen.

In de ontwikkeling van dit onderzoek trad een discontinuïteit op, toen op 10 Mei 1940 de inval in Nederland plaats had en kort daarna Eindhoven en ook de Philipsfabrieken militair werden bezet.

Wij achten het hier niet de plaats om lang stil te staan bij de gang van zaken tijdens de bezetting, die voor Eindhoven tot September 1944 duurde. Het zal ieder duidelijk zijn, dat de spanningen, gewekt door de oorlogstoestand en door veelvuldig gepleegd onrecht, naast meer direct en op lager niveau ingrijpende oorzaken als toenemende schaarste aan diverse levensmiddelen, kleding en vervoermiddelen (fietsbanden), verder enkele bombardementen, herhaald luchtalarm enz. een atmosfeer schiepen, die de arbeid ongunstig beïnvloedde. Het zou echter onjuist zijn als door het vorige de indruk werd gewekt alsof het wetenschappelijk werk hierdoor min of meer tot stilstand kwam. Integendeel werden vooral die onderzoekingen, waarbij het niet direct om practische toepassingen ging, vaak veel breder aangepakt en werden op sommige gebieden belangrijke resultaten verkregen — waarbij ervoor gezorgd werd dat deze niet ter kennis van de bezetter kwamen. De lange, door deze voorgeschreven, werktijden werden verder op ruime schaal benut voor uitwisseling van ervaring op allerlei gebied door cursussen, colloquia enz.

Na de bevrijding van Eindhoven in 1944 vorderde het herstel van normale toestanden geruime tijd. In de eerste helft van 1945 was Noord-Nederland nog bezet en ook nog daarna was door gebrekkige spoorwegverbindingen het contact met de rest van het land onvoldoende. Teneinde de studerenden aan universiteiten te hulp te komen werd in Februari 1945 in Eindhoven, met toestemming van de Nederlandse regering, een „Tijdelijke Academie" opgericht, waaraan o.a. door een groot aantal academici van Philips hoger onderwijs werd gegeven. Deze eindigde haar werkzaamheden in November 1945.

Het is in dit verband wellicht gepast er op te wijzen dat de relatie tussen het Philips-laboratorium en het hoger onderwijs zich niet heeft beperkt tot deze bijzondere gelegenheid, maar dat zich reeds eerder in de loop der jaren een toenemende wisselwerking tussen het laboratorium en de universiteiten, inclusief de Technische Hogeschool, had ontwikkeld, mede in verband met het feit dat talrijke medewerkers van het laboratorium hun werkkring alhier verwisselden voor een functie als hoogleraar.

Tijdens de bezetting was men sterk het gemis gaan voelen van buitenlandse literatuur, waardoor

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

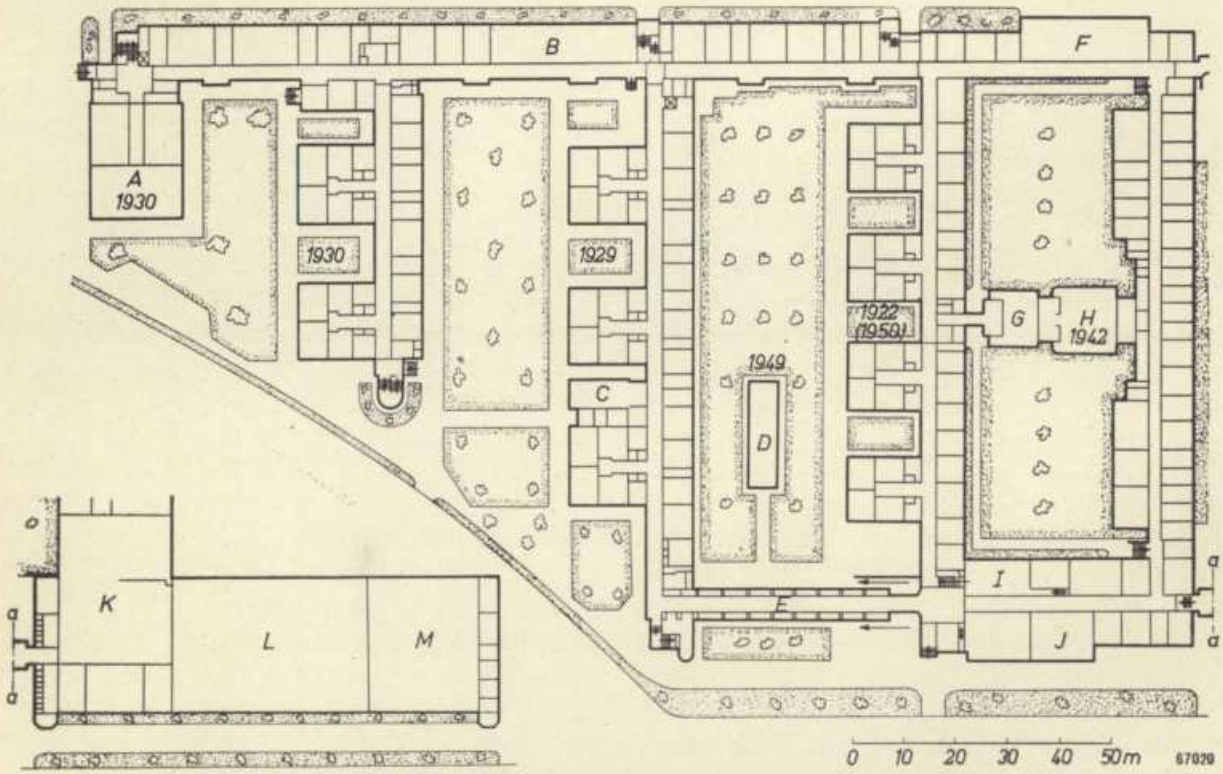
men, wat de wetenschappelijke arbeid betreft, in een soort vacuum kwam te leven. Ook de publicatiemogelijkheid was sterk verminderd. Het Philips Technisch Tijdschrift, dat van 1936 af door het laboratorium was uitgegeven, had in 1942 zijn uitgave moeten staken. In het tijdschrift Physica kon ten slotte slechts in het Nederlands gepubliceerd worden.

Eerst tegen 1946 begonnen buitenlandse tijdschriften en boeken weer toe te vloeien. Op 1 Januari 1946 verscheen ook het Philips Technisch Tijdschrift opnieuw, terwijl reeds in October 1945 het eerste nummer verschenen was van een nieuw eigen publicatie-orgaan, Philips Research Reports, waarin wetenschappelijke artikelen worden opgenomen die een uitgesproken Philips-karakter dragen of die wegens hun omvang niet gemakkelijk elders te plaatsen zijn. Bovendien werd een deel van het in de jaren 1940-1945 verzamelde publicatiemateriaal in boekvorm uitgegeven.

Intussen begon men in het laboratorium, dat in 1929 reeds een aanzienlijke uitbreiding had ondergaan, waardoor de oorspronkelijk in 1923 ter beschikking staande werkruimte tot het tienvoudige was toegenomen, weer behoefte te gevoelen aan meer ruimte. Reeds in 1942 was een nieuwe vleugel gereed gekomen, waarin administratie en bibliotheek een plaats vonden, welke laatste echter wegens brandgevaar tot 1945 elders werd ondergebracht. In 1950 werd op het dak van het oudste in 1922 gebouwde gedeelte, dat slechts één verdieping had, een tweede verdieping gezet, welke in hoofdzaak voor chemisch werk is bestemd.

In 1946 trad een verandering op in de leiding van het laboratorium. Prof. Holst, wiens 25-jarig jubileum als directeur in 1939 nog op intieme wijze in het laboratorium was gevierd, trok zich als zodanig terug. Als adviseur der N.V. oefent hij thans nog, zij het op indirecte wijze, invloed uit op de gang van zaken, terwijl een deel van zijn krachten ten goede komt aan de T.H. te Delft, waarvan hij het curatorium presideert. De directe leiding van het laboratorium werd in handen gelegd van een triumviraat, bestaande uit de physicus Prof. Dr H. B. G. Casimir, de electrotechnicus Ir H. Rinia en de chemicus Dr E. J. W. Verwey.

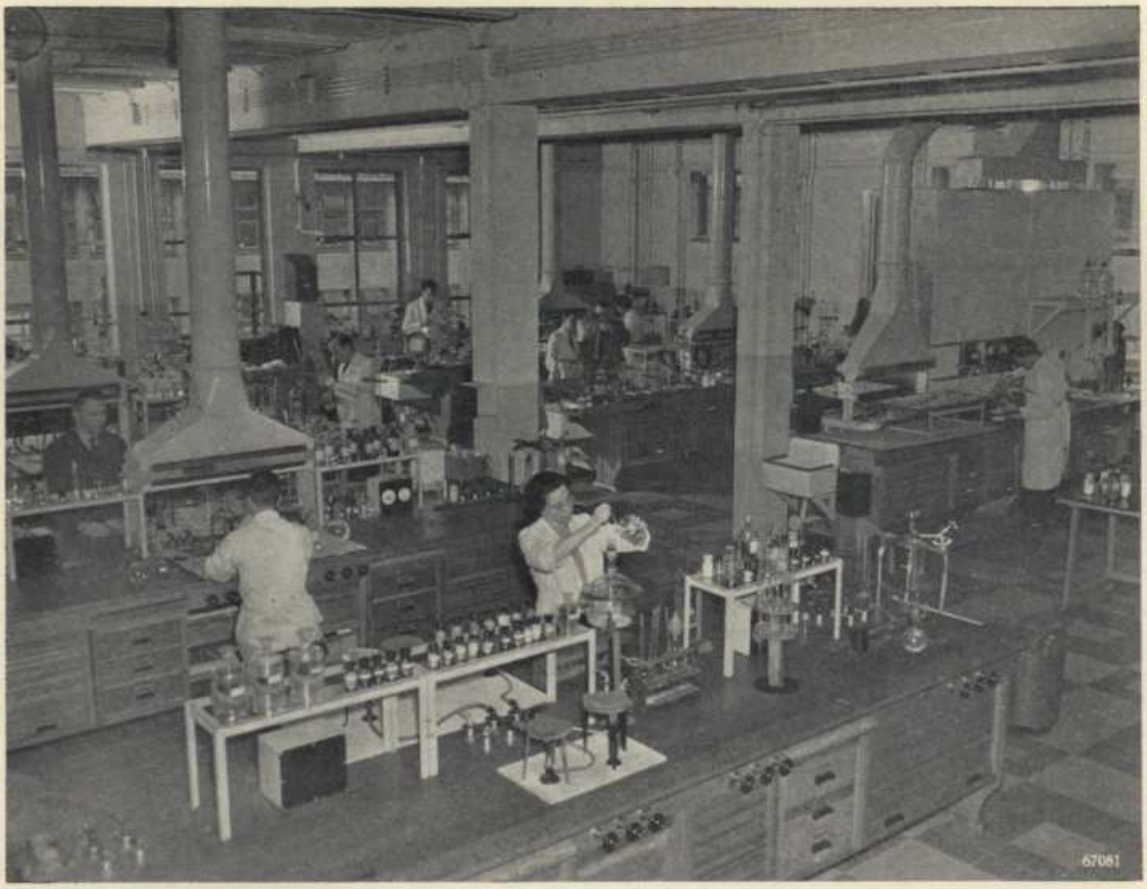
Om begrijpelijke redenen zal het in dit hoofdstuk niet mogelijk zijn alle onderwerpen waarover in het



Plattegrond van het Natuurkundig Laboratorium sinds 1942. *A* hoogspanningsruimte, *B* afdeling voor materiaalonderzoek, *C* televisiestudio, *D* kas, *E* kweekkasten met kunstmatig klimaat, *F* een der chemische afdelingen, *G* een der batterijkamers, *H* bibliotheek, *I* installatie voor draaggolftelefonie, *J* machinekamer, *K* glasblazerij, *L* centrale werkplaats, *M* lokaal voor het beproeven van zendbuizen. Het gedeelte *K-L-M* sluit met *a-a* aan op *a-a* rechts in de hoofdfiguur. Boven het grootste gedeelte van de hier getekende beganegrondverdieping bevinden zich doorgaans nog één of twee andere verdiepingen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Afdeling voor analytische chemie, in het nieuwste gedeelte van het Natuurkundig Laboratorium (1950).

laatste decennium in het Philips-laboratorium onderzoekingen zijn ondernomen — welke voor een deel nog in volle gang zijn — tot hun recht te laten komen. Ook moest in het nu volgende gedeelte worden afgezien van het vermelden van de veelheid van namen van onderzoekers die thans in het laboratorium werkzaam zijn.

Meer dan in de vorige hoofdstukken zal in het volgende de aandacht worden gewijd aan materialen, producten en de toepassingen daarvan.

Materialen

Wij zagen, dat in de periode 1923-1940 een aanzienlijk deel van de wetenschappelijke belangstelling uitging naar de gasvormige toestand, in het bijzonder naar gassen als dragers van electrische ontladingen. Daarnaast waren er een aantal wegen waarlangs men geraakte tot een toenemende belangstelling voor de vaste toestand. Wij noemden reeds het onderzoek aan dunne kristallaagjes waaraan vreemde atomen zijn geadsorbeerd. De activiteit op radiogebied vereiste een nadere studie van de diëlectrische eigenschappen van glas en andere isolatoren. Ook voor de lichttechniek was glas een belangrijk materiaal, gezien bijv. de vraag naar ultraviolet doorlatend glas en naar overgangsglazen voor de verbinding van glas en kwartsglas. De versmelting van glas en metaal vereiste glassoorten en legeringen die hiervoor geschikt zijn. In de lichttechniek ging men er meer en meer toe over fluorescerende stoffen toe te passen, waardoor ook het verschijnsel der luminescentie binnen de gezichtskring van het laboratorium werd getrokken. Verder wezen wij reeds op magnetische materialen, zoals magneetstalen en ferrieten.

In het algemeen kan men zeggen, dat omstreeks 1940 de vaste stof en haar problemen in het brandpunt van de belangstelling kwamen te staan, zowel wat het zuiver wetenschappelijk onderzoek als wat de practische toepassingen betreft. In het volgende zullen wij een aantal materialen kort bespreken. Omdat wij het daarbij hoofdzakelijk over resultaten willen hebben, is het misschien goed er hier nog eens op te wijzen dat deze door het zuiver wetenschappelijk onderzoek vaak ten gunste werden beïnvloed. Als voorbeeld willen wij hier noemen het onderzoek over „geleide valentie", dat leidde tot betere bereidingsmethoden voor halfgeleidende materialen en luminescerende stoffen, en het verkregen inzicht in de structuur van „spinellen", dat een grotere variatie in het bereiden van diverse soorten „Ferroxcube" ten gevolge had.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Luminescerende stoffen

Het reeds omstreeks 1935 begonnen onderzoek van luminescerende stoffen leidde, behalve tot reeds eerder vermelde resultaten, tot vermeerdering van kennis betreffende luminescerende wolframaten en molybdaten en betreffende sommige activatoren zoals Mn, Ti en U in verschillende ionisatietoestanden.

Van bijzonder belang voor de practijk bleken met Ti geactiveerde silicaten en magnesiumarsenaat geactiveerd met 4-waardig mangaan. Deze laatste stof, die een krachtige rode fluorescentie vertoont, maakt bijv. mogelijk de kleur van het licht van de kleine kwartskwiklampen met hoge druk aanzienlijk te verbeteren.

Het onderzoek der sulfiden leidde tot een beter inzicht in de rol van „vloeimiddelen", zoals NaCl, die bij het praepareren worden gebruikt. Het bleek namelijk, dat het de Cl^--ionen zijn die het inbouwen van bijv. eenwaardige Cu^+-ionen in het rooster mogelijk maken. Hetzelfde kan men ook bereiken door in het rooster, dat normaal uit tweewaardige ionen Zn^{++} en S^{--} bestaat, driewaardige kationen, zoals Al^{3+}, te brengen.

Ook op het gebied van luminescentie door beschieting met kathodestralen konden resultaten worden geboekt, zoals dieper inzicht in het verschijnsel der verzadiging bij toenemende stroom.

Voor sommige doeleinden, zoals bijvoorbeeld radar, is niet de fluorescentie maar de fosforescentie (langdurig nalichten) belangrijk. Men kon een fluorescentiescherm met lange nalichtduur realiseren door dit te laten bestaan uit twee lagen, waarvan de eerste onder invloed van de kathodestralen blauw fluoresceert, welke blauwe straling dan geschikt is om in de tweede laag een groene fosforescentie op te wekken. Voor andere doeleinden, zoals het uitzenden per televisie van films, zijn stoffen met korte nalichttijd gewenst. Hierbij wordt namelijk een door een ongemoduleerde electronenstraal op het fluorescentiescherm getekend raster op de film afgebeeld, terwijl achter de film een fotocel is geplaatst, die het doorgelaten licht, dat door de zwartingsvariatie van de film gemoduleerd is, omzet in een signaal dat aan de zender wordt doorgegeven.

Vele andere belangrijke toepassingen van luminescerende stoffen waaraan in onderzoekingen van het laboratorium de aandacht werd geschonken, moeten hier onbesproken blijven.

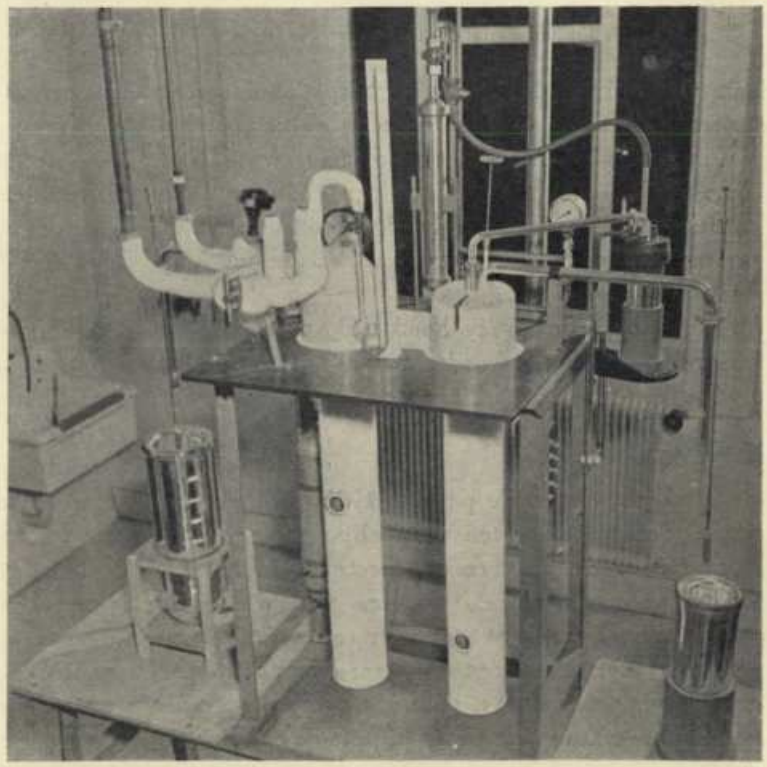
Keramische materialen en glas

Keramische materialen, worden verkregen door samensinteren van kleine partikels die elk op zichzelf een kristallijne structuur vertonen. Wij bedoelen hier niet de meer gewone materialen, zoals porcelein, steatiet e.d., daar hierover weinig onderzoek werd gedaan, maar bijzondere materialen, bijv. die met een grote diëlectrische constante, zoals rutiel (TiO_2) en titanaten zoals $BaTiO_3$, waaraan in de laatste jaren belangrijk onderzoek is verricht.

Afzonderlijke vermelding verdienen de magnetische keramische materialen (ferrieten), omdat deze van groot belang gebleken zijn voor de hoogfrequentietechniek (radio en telecommunicatie).

Theoretisch van belang was de interpretatie van de verliezen die de magnetische ferrieten bij zeer hoge frequenties (10^5 à 10^7 Hz) gaan vertonen: deze werden nl. toegeschreven aan het door *Landau* voorspelde gyromagnetisch effect, welke opvatting experimenteel werd bevestigd.

Van practisch belang was het hieruit voortvloei-



67068

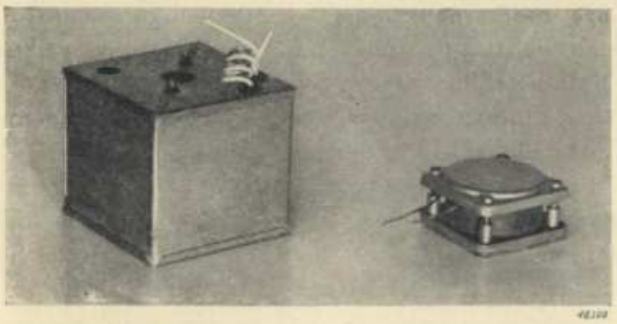
Voor het onderzoek aan vaste stoffen bij lage temperatuur (20 °K) is een eenvoudige waterstofliquefactor geconstrueerd. Het waterstofgas wordt onder hoge druk aangevoerd, en voorgekoeld tot de temperatuur van vloeibare stikstof. Daarna wordt het door expansie, onder gebruikmaking van warmteuitwisselaars volgens de methode van *Linde*, gedeeltelijk vloeibaar (*Joule-Kelvin*-effect). De installatie levert circa 2 liter vloeibare waterstof per uur.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ende inzicht, dat de frequentie waarbij de gyromagnetische verliezen merkbaar worden, hoger is naarmate de stof in het gebied der lage frequenties een kleinere beginpermeabiliteit en dus een grotere kristalanisotropie vertoont.

De ferrietmaterialen, die grote hardheid en betrekkelijke lichtheid paren aan een zeer gering electrisch geleidingsvermogen en gunstige magnetische eigenschappen, zoals geringe verliezen in een groot frequentiegebied, worden thans door Philips onder de naam Ferroxcube in verschillende samenstellingen gefabriceerd.



Kwaliteitsverbetering en ruimtebesparing zijn belangrijke voordelen van het magnetische materiaal „Ferroxcube" boven metallische magnetica. *Links:* afschermbus, bevattende een bandfilterspoel voor draaggolftelefonie, waarvan de kern bestaat uit nikkelijzerdraadjes en de mantel uit poederkernmateriaal. De afscherming is nodig wegens de kleine effectieve permeabiliteit van het poederkernmateriaal. Kwaliteitsfactor $Q = 220$ bij 60 kHz, volume 210 cm³. *Rechts:* spoel met kern en mantel van „Ferroxcube". $Q = 600$ bij 60 kHz, volume 44 cm³.

Behalve de ferrieten zijn van belang de keramische halfgeleidende materialen, die hieronder in een afzonderlijke aan halfgeleiders gewijde paragraaf nog ter sprake zullen komen.

Glas is een materiaal dat voor de fabrikant van gloeilampen en radiobuizen van fundamenteel belang is. Behalve de voor de hand liggende physische eigenschappen, zoals verwekingstemperatuur, uitzettingscoëfficient en soortelijk gewicht, zijn vele andere eigenschappen van belang, zoals diëlectrische constante, diëlectrische verliezen in hoogfrequente electrische velden, electrisch geleidingsvermogen, spectrale doorlating, enz. Daar glazen meestal uit een groot aantal bestanddelen zijn samengesteld en dientengevolge het aantal mogelijke variaties in de samenstelling zeer groot is, lijkt het aanvankelijk een onbegonnen werk een overzicht te krijgen van de invloed van de samenstelling op de physische eigenschappen. Toch is dit in de laatste tijd in aanzienlijke mate gelukt, vooral ten gevolge van het betere theoretische inzicht, dat we o.a. te danken hebben aan de Amerikaan *Zachariasen*. Daardoor kan men zich een voorstelling maken van de inwendige structuur van glazen en op grond daarvan de eigenschappen trachten te voorspellen. Ook wanneer hierbij de werkelijkheid gecompliceerder blijkt te zijn dan het theoretische model, dan geeft dit laatste toch de weg aan om de juiste samenhang der verschijnselen te benaderen en om die betrekkingen te onderzoeken die voor het inzicht het meest beloven.

In samenwerking met de glasfabriek verkregen practische resultaten waren: zachte glazen met geringe diëlectrische verliezen, glazen waarbij de diëlectrische verliezen klein zijn en onafhankelijk van de frequentie, glazen die door röntgenstralen niet verkleuren of juist zeer gemakkelijk verkleuren, en ultravioletdoorlatende glazen.

Metalen

Een belangrijke en uitgebreide materialengroep vormen de metalen. Het onderzoek van wolfraam en molybdeen en van metalen als titanium, zirconium, hafnium en thorium is reeds eerder ter sprake gekomen; evenzo de aansmeltmetalen zoals chroomijzer.

Ook het onderzoek aan magneetstalen is reeds eerder vermeld. Het belangrijke „Ticonal" (een ijzer-titanium-cobalt-nikkel-aluminiumlegering) met een grote waarde van het product $(BH)_{max}$ en een grote coërcitiefkracht, werd nog verbeterd door het door afkoeling in een magnetisch veld of op andere wijze anisotroop te maken.

Ook het nikkelijzer met door walsen verkregen anisotrope structuur voor gebruik in *Pupin*spoelen is reeds ter sprake gekomen. Een uitgebreid onderzoek werd verricht naar de wijze waarop door een doelmatige thermische en mechanische behandeling de textuur van dit materiaal kon worden beïnvloed.

Een ander product vormen de lasstaven, waarbij vooral de bekleding een voorwerp van studie heeft uitgemaakt. In het bijzonder verdient vermelding de nieuwe methode van het contactlassen, waar voor de staven van een speciale bekleding worden voorzien, die een hoog gehalte aan ijzer bevat.

Mede in dit verband zijn uitvoerige onderzoekingen verricht op het gebied van de diffusie van gassen door metalen. Dit onderwerp werd reeds actueel toen men met water gekoelde metalen zendbuizen en metalen röntgenbuizen begon te vervaardigen en is in het bijzonder van belang gebleken bij lasproblemen, vooral in verband met het indringen van waterstof in het metaal van de lasrups, waardoor poriën, scheuren en breuken kunnen worden veroorzaakt. In dit verband zij ook gewezen op meer fundamenteel onderzoek, bijv. dat betreffende verouderingsverschijnselen die o.a. bij het lassen optreden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De absorptie van gassen door metalen is in het bijzonder ook bestudeerd bij metalen zoals zirconium en titanium, die als vangstoffen in röntgenbuizen en zendbuizen worden gebruikt. Terloops zij hier gewezen op het bedekken van anoden van zendbuizen met zirconium ter verkrijging van een zwart oppervlak met goede warmtestralingseigenschappen en bovendien kleine secundaire electronenemissie. Onderzoekingen van meer technische aard op metaalgebied leidden tot nieuwe methoden van vormgeving en verbeterde onderzoekingsmethoden ter bepaling van eigenschappen van metaalmonsters. Een voorbeeld van het eerste is het precisiegieten van metalen onderdelen van instrumenten en apparaten waarvan de kostprijs bij de gewone bewerkingsmethoden te hoog zou worden, een voorbeeld van het tweede een microhardheidsmeter.

Wij besluiten dit overzicht met te wijzen op het onderzoek betreffende oxydatie en corrosie. Interessante gezichtspunten biedt de methode van harding van legeringen door inwendige oxydatie. Bij de studie der corrosie bij hoge temperaturen kwam voor den dag, dat kleine hoeveelheden molybdeenoxyde hierbij een schadelijke invloed kunnen uitoefenen. Vooral in verband met de ontwikkeling van heteluchtmotoren was het onderzoek naar oxydatiebestandheid bij hoge temperaturen en betreffende het solderen van oxydatiebestendige metalen van belang.

Halfgeleiders

Tussen de uitgesproken isolatoren van anorganische en organische aard, zoals glas, porcelein, barnsteen, polystyreen enerzijds, en de metalen, als goede geleiders voor de electrische stroom, anderzijds, staat een belangrijke groep van stoffen, die in vergelijking met metalen een klein geleidingsvermogen vertonen, bijv. ijzeroxyden, koperoxyde, selenium, germanium enz. Deze stoffen zijn interessant, omdat zij kenmerkende eigenschappen bezitten welke de andere twee groepen missen.

Hun voornaamste eigenschap is: een grote, negatieve, temperatuurcoëfficient van de weerstand, welke nagenoeg alle vertegenwoordigers van deze groep vertonen. Een gedeelte vertoont bovendien zg. fotogeleiding, dwz. dat bij belichting van de stof de weerstand daalt. Anderen blijken, indien men ze op bepaalde manieren van electroden voorziet, gelijkrichtende eigenschappen te hebben, dwz. indien de stroom in de ene richting loopt is de weerstand vele malen, bijv. 1000 of meer malen, kleiner dan in de andere richting. Ook zijn er bepaalde stoffen waarvan de weerstand afhankelijk blijkt te zijn van de electrische potentiaalgradient.

Hoewel deze eigenschappen al lang bekend waren, is het toch pas in de laatste 10 à 15 jaar gelukt om ze te benutten. Het is duidelijk dat een grote temperatuurcoëfficient van de weerstand vele toepassingsmogelijkheden opent. Wij noemen bijv. temperatuurmeting en stralingsmeting; wegens het negatieve teken van de coëfficient bovendien: onderdrukking van stroompieken en toepassing in vertragingsweerstanden, regelapparatuur, enz.

Een eigenaardigheid bij deze stoffen is, dat hun soortelijke weerstand vaak geen specifieke materiaaleigenschap is zoals bijv. bij een metaal, doch in hoge mate afhankelijk is van de voorgeschiedenis, zoals de temperatuur en de gasatmosfeer welke bij de bereiding zijn toegepast, het al of niet aanwezig zijn van verontreinigingen en nog vele andere omstandigheden.

Op het gebied van oxydische halfgeleiders is uitgebreid kristalchemisch onderzoek uitgevoerd, dat geleid heeft tot halfgeleidende materialen die aan hoge eisen van reproduceerbaarheid en stabiliteit voldoet. Dit materiaal komt in uiteenlopende vormen als „N.T.C. weerstanden" (negatieve temperatuurcoëfficient) op de markt.

Veel aandacht werd ook besteed aan selenium. De weerstand van selenium kan door opzettelijk toevoegen van vreemde stoffen geregeld worden.

Dit onderzoek heeft geleid tot gelijkrichters die geschikt zijn voor lage spanningen, bijv. 18 V, en, door parallelschakeling, voor grote stromen. Daarnaast worden in vergelijking zeer kleine gelijkrichters gemaakt voor gelijkrichting van stromen van enkele milliampères, welke in de versterkingstechniek gebruikt worden, bijv. voor modulatorcellen welke een belangrijke rol spelen in draaggolftelefoniesystemen, en in serie geschakelde kleine cellen voor het gelijkrichten van hoge spanningen. Door bewerking van het oppervlak van het selenium en keuze van het electrodenmateriaal heeft men tot op zekere hoogte de spanningen welke men per gelijkrichtend element wil toepassen in de hand.

Gedurende de jaren 1940-1945 is er een hernieuwde belangstelling ontstaan voor een onderdeel uit de begintijd van de radio, nl. de kristalgelijkrichter. Het is gebleken dat in het zo belangrijk geworden gebied van de zeer korte golven dit onderdeel in geperfectionneerde vorm voordelen biedt boven gelijkrichtbuizen. Ook op dit gebied is een uitgebreid onderzoek in het laboratorium gaande, dat reeds geleid heeft tot een zich in snel tempo uitbreidende fabricage van verschillende kristalgelijkrichtertypen.

Er zijn aanwijzingen, dat het aantal mogelijk-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heden van toepassingen op het gebied der halfgeleiders, juist door hun abnormale eigenschappen, nog lang niet uitgeput is. Wij staan hier ongetwijfeld pas aan het begin van een voor de electrotechniek belangrijke ontwikkeling.

Producten

Wij besluiten dit overzicht met het vermelden van enkele producten, in het bijzonder van die, welke in de laatste tien à vijftien jaren uit de activiteit van het laboratorium zijn voortgekomen. De lezer moge hier niet verwachten een catalogus met een gedetailleerde toelichting aan te treffen: vele van de te bespreken producten zijn in de laatste jaargangen van dit tijdschrift reeds min of meer uitvoerig beschreven, van andere zal men in onze kolommen binnenkort een beschrijving kunnen vinden. Daarom kunnen wij ons er toe beperken de voornaamste artikelen te noemen of met enkele woorden te omschrijven.

Lichtbronnen

Op lichtgebied bespraken wij reeds de „TL"-lampen, welke als zodanig het laboratoriumstadium reeds lang achter zich hebben gelaten. Verder onderzoek op dit gebied wordt nog verricht met betrekking tot de kleurweergave, bijv. als nieuwe fosforen in de fabricage worden betrokken. Bijzondere vermelding verdient de toepassing van „TL"-lampen voor plantenbestraling. Sinds 1949 beschikt het laboratorium over een grote plantenkas, waarin diverse planten gekweekt worden, en bovendien over een dozijn kleinere kassen, die uitsluitend met kunstlicht zijn verlicht. De grote variatie van fosforen geeft daarbij de mogelijkheid uitvoerig de invloed van de spectrale energieverdeling, naast bestralingsterkte en bestralingsduur, op de groei en de bloei van de planten na te gaan.

Te vermelden is verder de kwiklamp met lage druk zonder fluorescerende stof en met ultraviolet (2537 Å) doorlatende wand, de zg. bacteriedodende lamp. Bijzondere lichtbronnen zijn verder nog een flitslamp voor de verlichting van *Wilson*-kamers en voor andere fotografische momentopnamen en een tot hoge frequenties stuurbare puntvormige gasontladingslichtbron.

Radio, televisie, enz.

Op radiogebied had zich, reeds vóór 1940, de toestand zodanig gestabiliseerd, dat de normale ontwikkeling van buizen en apparaten niet meer tot de taak van het laboratorium behoorde. In

67078'

Kas, ten dienste van het biologisch onderzoek.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

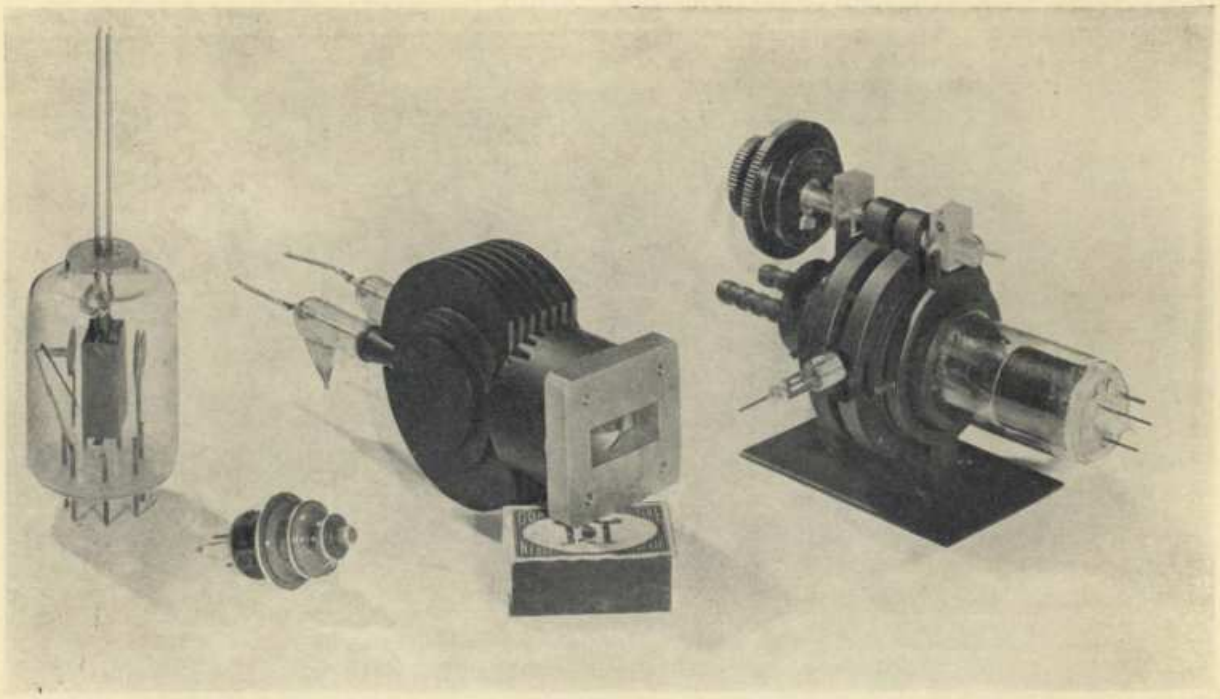
Geheel bij kunstlicht gekweekte komkommers. Het licht wordt geleverd door „TL"-lampen. Het te hoog oplopen van de temperatuur in de kweekruimte wordt voorkomen door langs de ruit, die deze ruimte van de lampen scheidt, leidingwater te laten stromen. Midden tussen de „TL"-lampen een TUV-lamp, welker ultraviolette straling de groei van algen op de ruit belet.

plaats daarvan werd de aandacht hier nu gericht op nieuwe ontwikkelingen. In dit verband verdienen allereerst de nieuwe buizen voor ultrakorte golven (decimeter- en centimetergolven) de aandacht. De ontwikkeling van deze buizen was in het buitenland zeer ver gevorderd en Philips had hierin dan ook in 1945 een aanzienlijke achterstand in te halen. Uitvoerige onderzoekingen aan radiobuizen in het gebied der golflengten tussen 1 en 10 m waren reeds verricht. Speciale buizen werden ontwikkeld die gebaseerd zijn op de snelheidsmodulatie van electronen (inhaalbuis, klystron, multireflectiebuis), waarbij talrijke eigen vindingen werden toegepast.

Een vermeldenswaardige verbetering op het gebied van gloeikathoden is de zg. L-kathode, die een met bariumoxyde gevuld voorraadvat bevat, dat is afgesloten met een poreuze wand uit wolfraam, welke als eigenlijke bron van de electronenemissie fungeert. Met behulp van deze kathode

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

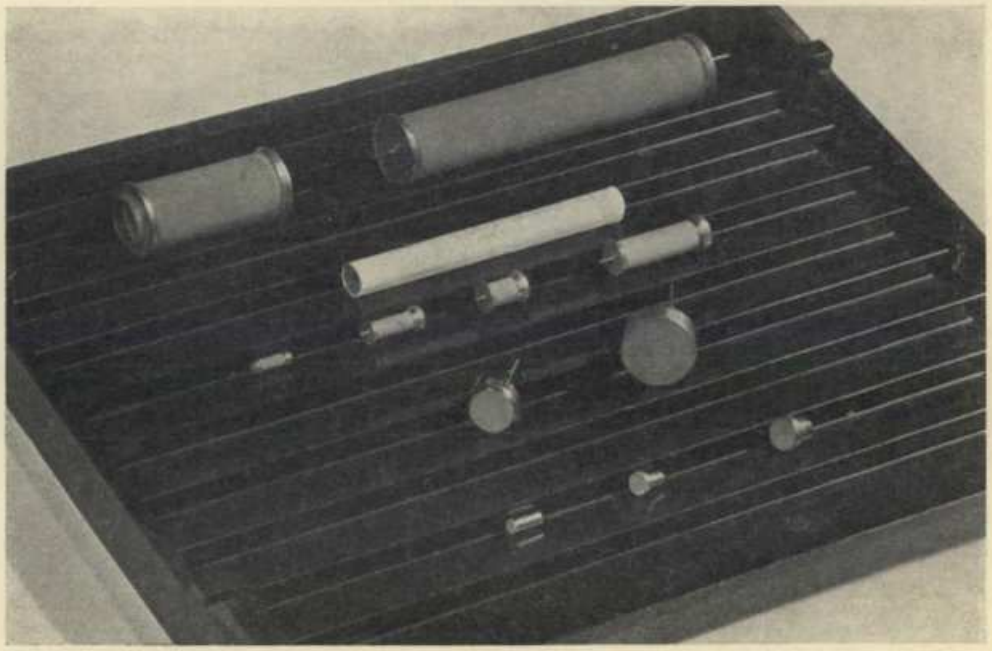


67086

Buizen voor centimergolven. Van links naar rechts: een multireflectiebuis, die bij 12 cm golflengte continu een vermogen van 20 W kan geven; een ontvangbuis in de zg. vuurtorenvorm, voor versterking van brede frequentiebanden (10-voudige versterking bij 50 MHz bandbreedte, ruisgetal 10 dB bij 10 cm golflengte); een magnetron, dat op 3 cm golflengte impulsen van 1000 kW kan geven, en een inhaalbuis, die bij dezelfde golflengte 100 W continu kan leveren.

kon een schijftriode (disk-seal triode) worden geconstrueerd voor golven tot 8 cm golflengte met een afstand van slechts 10 μ tussen kathode en rooster. Ook voor vele andere toepassingen opent dit nieuwe kathodetype belangrijke perspectieven.

Van de speciale schakelingen voor het opwekken van ultrakorte golven, met gebruikmaken van trilholten, en van moderne middelen voor de geleiding van de hoogfrequente energie door middel van golfpijpen wordt een uitvoerige studie gemaakt.

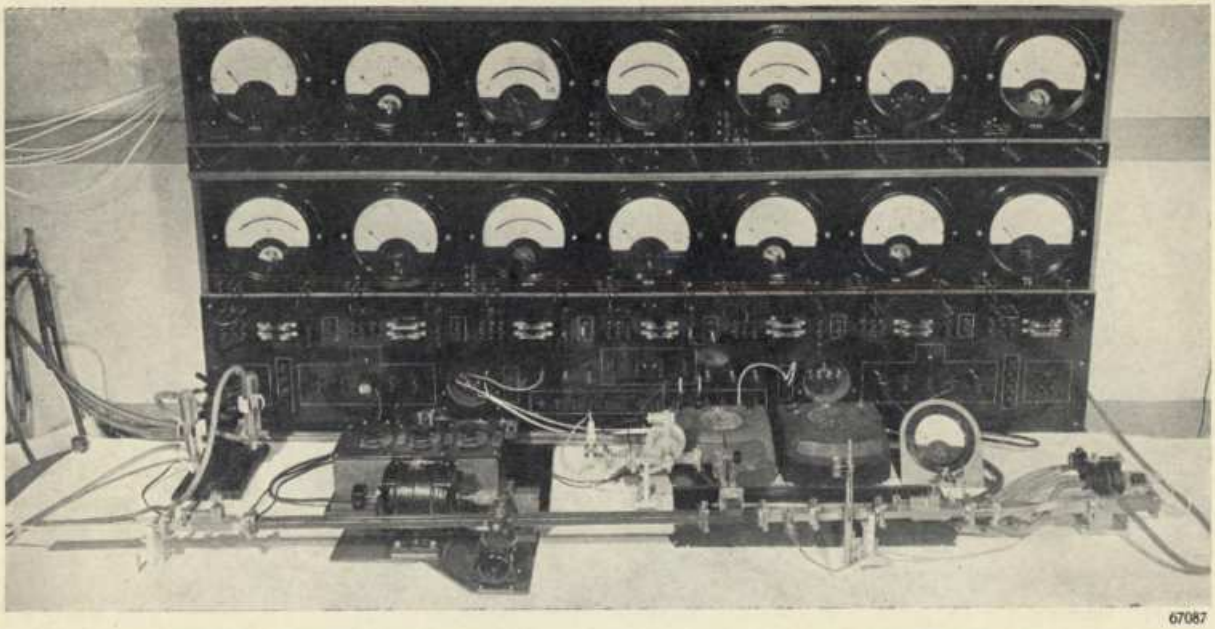


67074

Enige uitvoeringsvormen van de zg. L-kathode (met een sigaret als vergelijkingsobject). De L-kathode heeft een poreus metalen emitterend oppervlak en is bestand tegen zware belasting, bijv. 100 A per cm^2.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

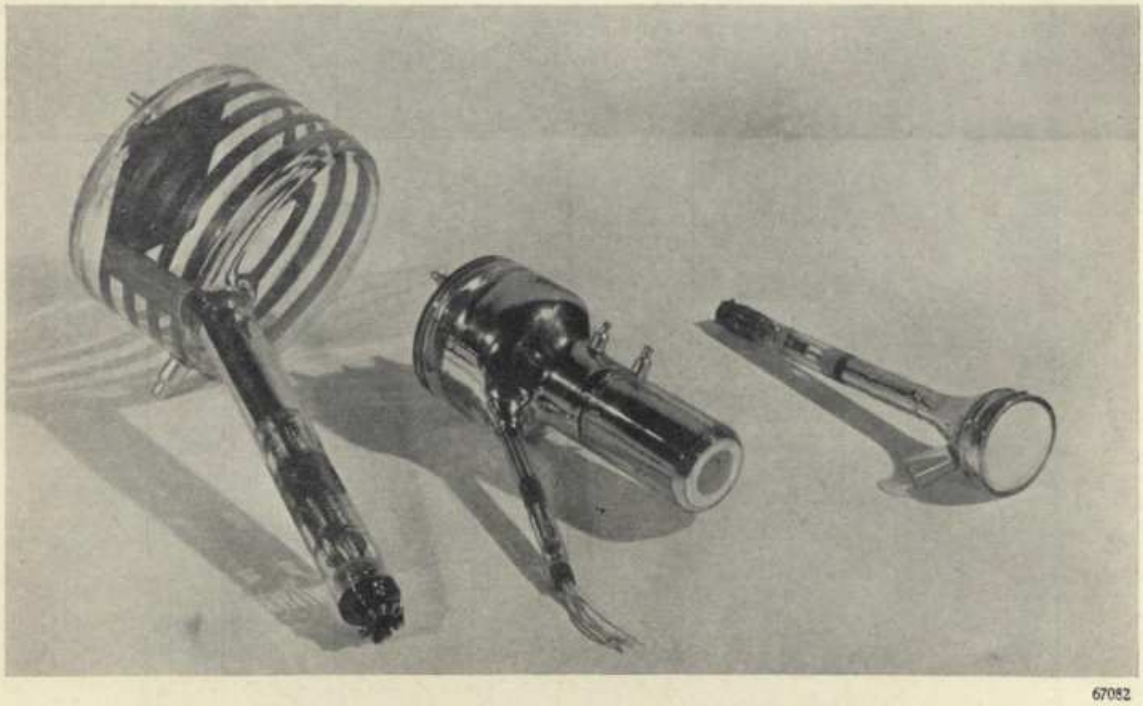


67087

Opstelling voor metingen aan een inhaalbuis (geheel rechts) bij 3 cm golflengte. Voor het geleiden van de energie wordt hier gebruik gemaakt van golfpijpen.

Na 1945 werd, in verband met de allerwege toenemende belangstelling voor televisie, de ontwikkeling hiervan in het laboratorium weer krachtig ter hand genomen. Voorlopig werd hierbij gewerkt met een systeem van 567 lijnen en 25 beelden per seconde. In het geluidskanaal werd daarbij van frequentiemodulatie gebruik gemaakt. Als gevolg van de vele discussies over de kwestie van het lijnenaantal werd de opneem-apparatuur zodanig uitgevoerd dat deze snel overgeschakeld kon worden op verschillende lijnenaantallen. Dit bleek van groot nut te zijn bij de beoordeling van de relatieve merites van diverse systemen. Nadat later de Nederlandse Televisiecommissie adviseerde tot een systeem van 625 lijnen en 25 beelden per seconde, is de installatie voor dit lijnenaantal geschikt gemaakt.

Verder werden zowel de problemen aan de ontvangst- als aan de zendzijde nader bekeken. Wat de ontvangstzijde betreft, werd o.a., voortbouwend op reeds eerder besproken experimenten, een sy-



67082

Links: twee opneembuizen voor televisie (een iconoscoop en een beeldiconoscoop). Rechts: een weergeefbuis voor projectie-ontvangst van televisie.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

steem van televisieprojectie uitgewerkt met gebruikmaking van een *Schmidt*-optiek. Hierbij worden zeer kleine projectiebuizen toegepast, waarbij het scherm van speciaal voor dit doel geschikte fosforen is voorzien. Bijzondere maatregelen moesten worden genomen om de verkleuring van het glas van deze buizen onder invloed van kathodestralen en röntgenstralen tegen te gaan. In de eigenlijke optiek wordt gebruik gemaakt van een uit gelatine vervaardigde correctieplaat, waarvoor een aparte fabricagemethode werd ontwikkeld.

Hiernaast hield men zich, zoals vanzelf spreekt, bezig met de direct-zicht-ontvangst. Een van de belangrijkste resultaten was hier een aanzienlijke verbetering wat betreft het flikkeren van het scherm door het toepassen van lang nalichtende fosforen.

Wat de zendzijde aangaat, bestond de voornaamste verbetering in de constructie van nieuwe opneembuizen, gebaseerd op het principe van de beeld-iconoscoop. Verdere verbeteringen betroffen de opneemcamera's en de studioverlichting door voor dit doel geschikte kwiklampen.

Sinds 1946 hebben, afgezien van korte onderbrekingen, op geregelde tijden experimentele televisie-uitzendingen plaats, in verband waarmede in het laboratorium een studio met controlekamer en kleedkamers voor artisten enz. werden ingericht. Deze uitzendingen hebben reeds een belangrijke bijdrage geleverd tot de belangstelling die deze jonge tak van technische ontwikkeling zowel in Nederland als in omliggende landen ondervindt.

Aansluitend aan radio en televisie moet het werk op het gebied van de telecommunicatie worden besproken. Sinds ongeveer 1935 was in het laboratorium een afdeling gevestigd (organisch niet tot het laboratorium behorend, doch als onderdeel van de in de fabriek ondergebrachte afdeling laagfrequenttelefonie), waar apparaturen voor draaggolftelefonie, o.a. een 17-kanalensysteem, en voor toonfrequenttelegrafie werden ontwikkeld. Omstreeks 1940 werd door deze groep, in samenwerking met het laboratorium, een modern draaggolftelefonie-systeem voor 48 kanalen ontwikkeld, waarbij het nieuwe materiaal voor kernen van spoelen, „Ferroxcube", een belangrijke rol speelt. Dit systeem is reeds op uitgebreide schaal in Nederland en Zwitserland in gebruik, terwijl het binnenkort ook in Denemarken zal worden geïnstalleerd. In dit verband dient de nauwe samenwerking met de Nederlandse P.T.T. dankbaar gememoreerd te worden. Na 1945 is de draaggolfgroep overgegaan naar de Philips' Telecommunicatie-industrie te Hilversum, terwijl in het laboratorium een researchgroep voor telecommunicatie werd opgericht. In Hilversum gaat de ontwikkeling verder in de richting van verbetering en verkleining van electrische en mechanische onderdelen, waarvoor regelmatig op de laboratorium-resultaten wordt teruggegrepen.

Bijzondere draaggolfsystemen werden ontwikkeld, die ook geschikt zijn voor kortere afstanden. Ook tot een zich in Hilversum in ontwikkeling bevindend systeem voor het onderbrengen van vele honderden kanalen op een coaxiale kabel heeft het laboratorium belangrijke bijdragen geleverd, zoals systeemstudie, lijnversterkers, een supergroependoorschakelfilter en andere filters.

In dit laboratorium wordt verder gewerkt aan nieuwe modulatiemethoden; o.a. werd een vereenvoudigd soort impulscodemodulatie bestudeerd, de quantummodulatie, welke bevredigende overdracht van gesprekken ondanks een hoog stoorniveau en over lange afstanden mogelijk maakt. Ook wordt de toepassingsmogelijkheid van nieuwe materialen en onderdelen voor telecommunicatie onderzocht.

In dit verband willen wij nog noemen de nieuwe schakelbuizen met lintvormige electronenbundel,

Dr A. F. Philips voor de camera van de Eindhovense televisiezender.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

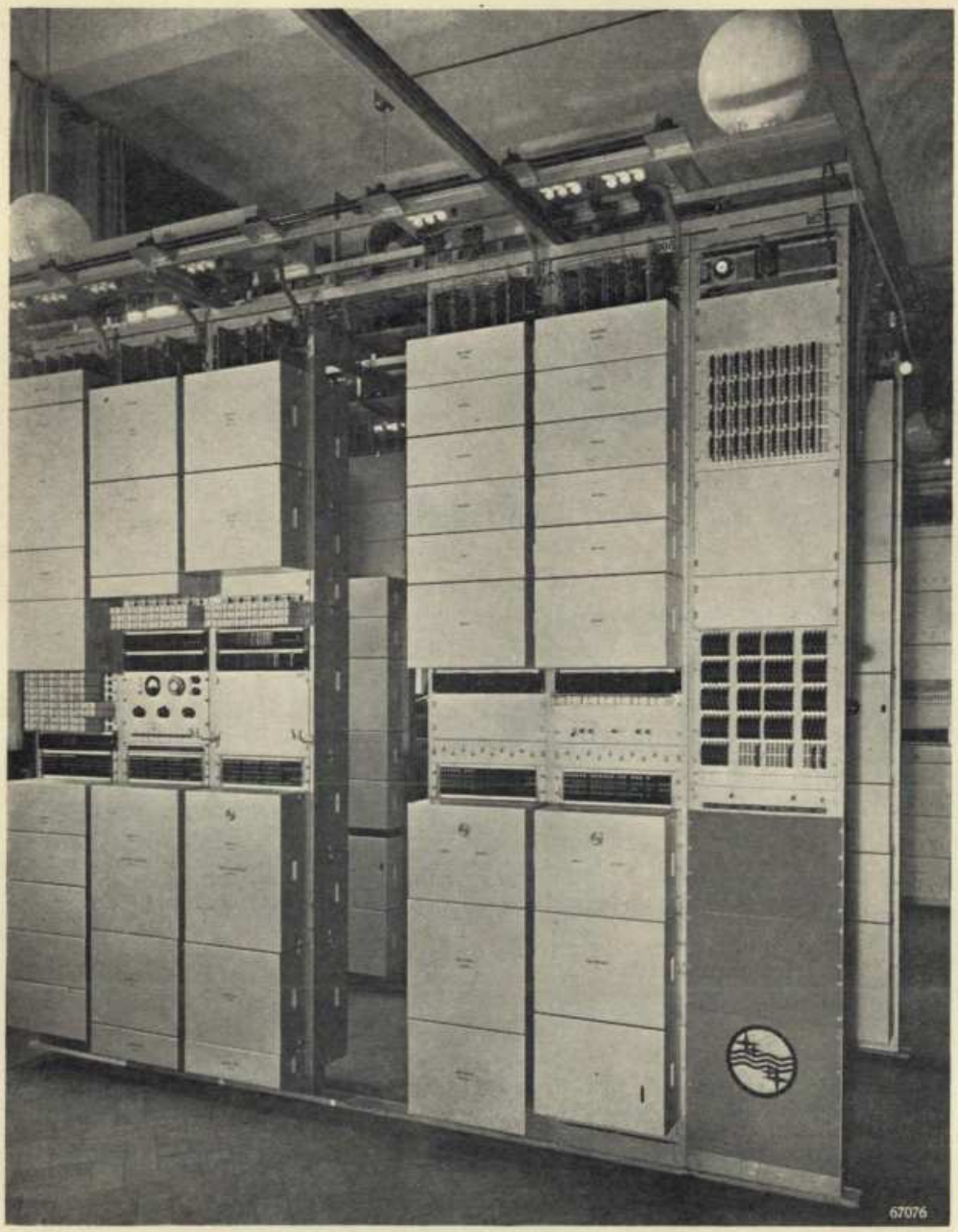
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

die interessante toepassingen beloven op het gebied van telecommunicatie en electrische rekenmachines.

Afzonderlijke vermelding verdient het in het laboratorium uitgewerkte systeem van facsimile-overbrenging, waarmee documenten met een snelheid van 5000 cm²/minuut kunnen worden overgeseind en fotografisch vastgelegd.

Van belang voor de meteorologie is een nieuw ontwikkelde radiosonde, waarin uiterst kleine radiobuizen met gering stroomverbruik worden toegepast en die thans in samenwerking met het K.N.M.I. te De Bilt wordt beproefd.

Een product dat wel met het radiogebied samenhangt, gezien de behoefte aan voeding van radio-apparaten op plaatsen waar geen electriciteits-voorziening aanwezig is, maar dat toch een afzonderlijke ontwikkeling vertegenwoordigt, is de reeds eerder in dit overzicht genoemde heteluchtmotor.

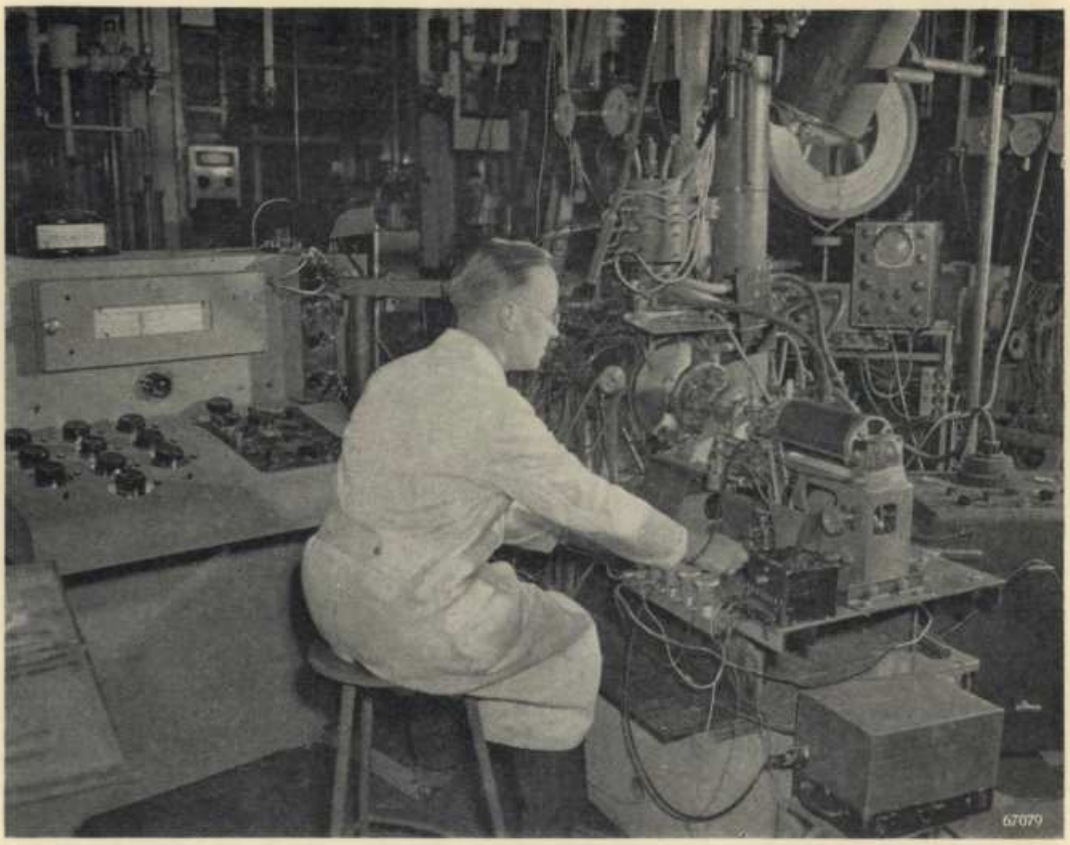


Experimentele installatie voor draaggolftelefonie.

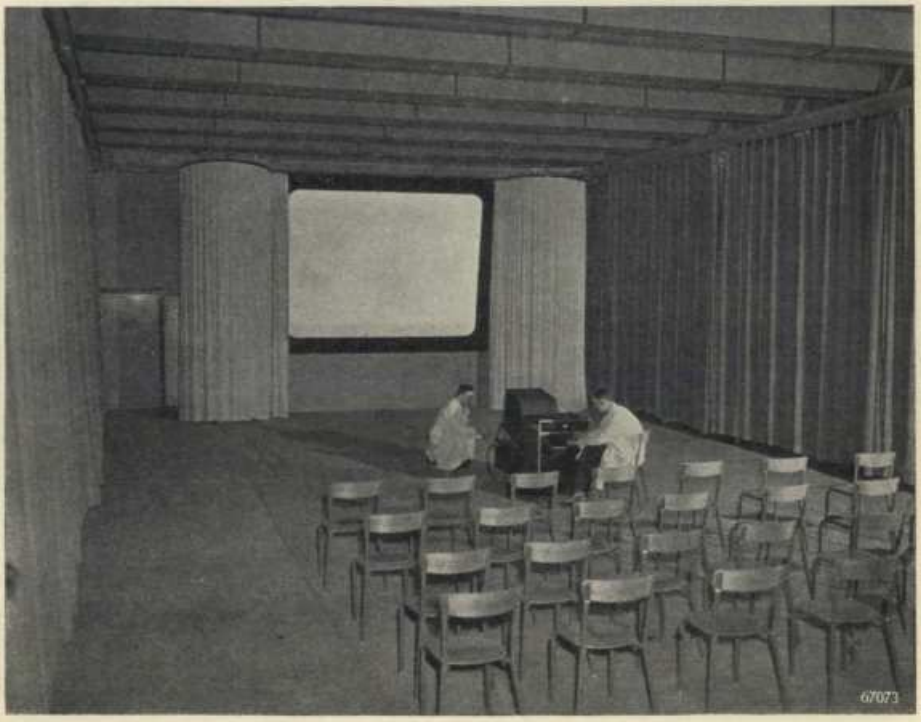
Door een nauwkeurige studie van de warmte-overdracht tussen stromende gassen en metalen wanden en van hiervoor geschikte materialen, en verder van de thermodynamica van de cyclus, gelukte het een lichte snellopende motor met goed thermisch rendement te construeren. Een nieuw principe, toepasbaar voor systemen met meer dan een cylinder, volgens hetwelk men telkens de zuiger van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



Metingen aan een experimentele heteluchtmotor. Energietoevoer door electrische verwarming, -afvoer door een belaste dynamo. Op de meettafel links zijn thermo-elementen aangesloten, die op talrijke plaatsen (in- en uitwendig) de temperatuur meten. Een *Farnboro*-drukopnemer registreert de druk in de cylinder als functie van de tijd. De faze van dit diagram wordt gecontroleerd met behulp van een capacitieve drukopnemer (aangesloten op een oscillograaf) en een stroboscoop.



Zaal voor acoustisch onderzoek (o.a. stereofonie) en grootbeeldtelevisie op een scherm van bijna 3 m × 4 m.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

één cylinder als verdringer voor een andere laat dienen, is van belang in verband met toekomstige mogelijkheden, waarvan de consequenties zich thans nog niet geheel laten overzien.

Op het gebied der acoustiek is een aantal nieuwe producten te noemen. Allereerst de verbeterde geluidsweergave door middel van stereofonie. Deze leidde ook tot de constructie van kleine microfoons. De ideale microfoon, met afmetingen klein ten opzichte van de golflengte, ook voor hoge frequenties, bleek het best benaderd te worden door de condensator-microfoon, die nu in een afmeting van ca 20 mm, voor speciale doeleinden zelfs van 7 mm, kan worden vervaardigd.

Aan de in Denemarken begonnen ontwikkeling van de magnetofoon voor opnemen en weergeven van geluid, werd ook in het Philips-laboratorium de nodige aandacht besteed. Deze ontwikkeling dwong de fabrikanten van grammofoonplaten er toe, eindelijk de eis los te laten dat platen zowel electrisch als mechanisch afspeelbaar moesten zijn, waardoor belangrijke verbeteringen op het gebied van electrische grammofoonweergave door middel van microgroefplaten mogelijk werden. Hierdoor zal de grammofoonplaat haar positie als weergave-instrument vermoedelijk weten te behouden.

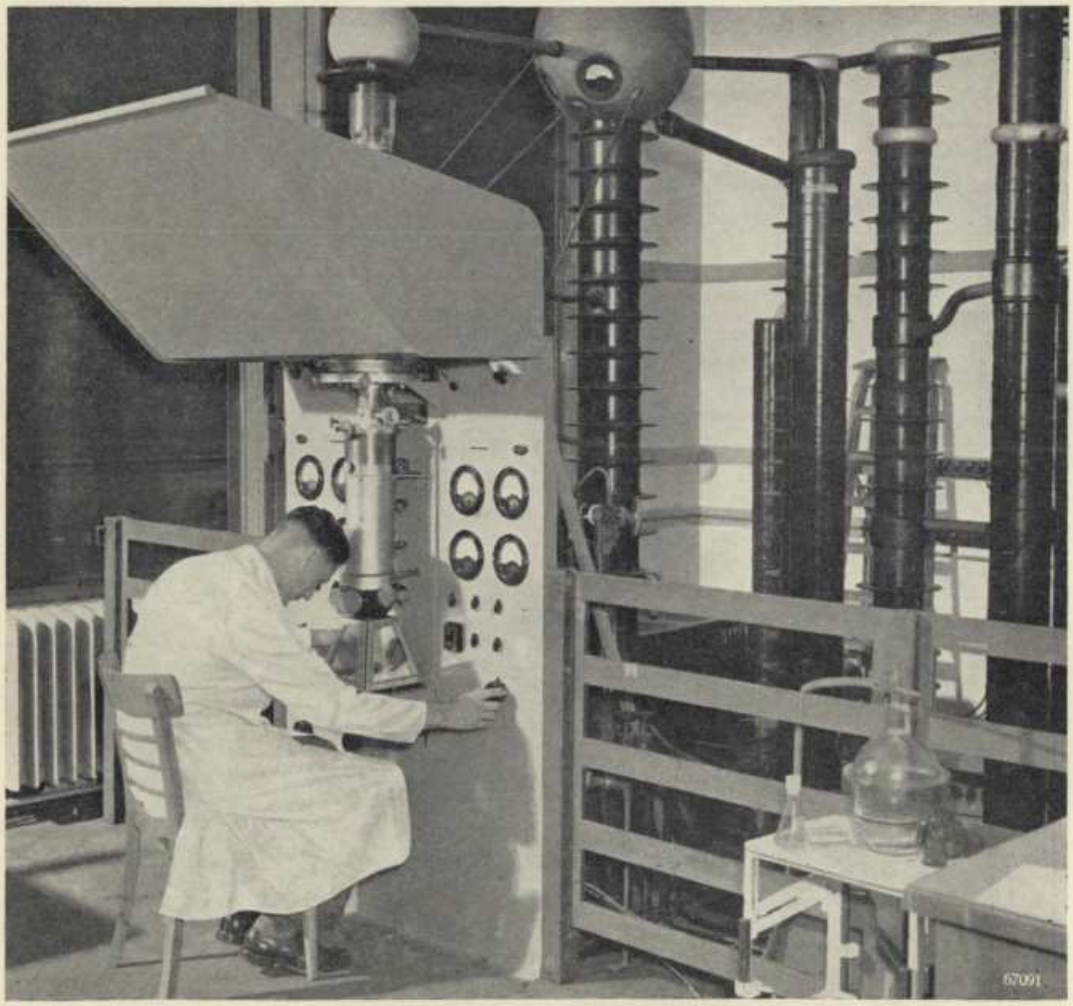
De physiologische studie en de hierdoor geslagen brug naar de medische wereld leidde tot het construeren van apparaten voor slechthorenden.

De ervaring op het gebied van versterken van signalen van zeer lage frequentie, die aan de grens van het hoorbare gebied gelegen zijn, leidde verder nog tot het bouwen van een vectorcardiograaf waarvan enkele exemplaren aan medische deskundigen ter beproeving zijn gegeven.

Diversen

Onder de röntgenbuizen verdient een nieuwe buis voor contact-therapie vermelding, verder nieuwe buizen van groot vermogen voor röntgendiffractie met bijbehorende apparatuur.

Door gebruikmaking van de ervaring op televisiegebied verkregen, ontstond een röntgenbeeldversterker, waarmee men de intensiteit van het



Experimentele electronenmicroscoop met een versnellingspanning van 400 000 V.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Met de electronenmicroscoop opgenomen microgram van influenzavirus (niet geheel gezuiverd preparaat). Dit virus komt voor zowel in de vorm van bolletjes als in die van draden. Vergroting 21 000 ×.

schermbeeld zover kan vergroten, dat doorlichten in een niet geheel verduisterde kamer mogelijk wordt. Een aantal van deze versterkers wordt thans in de Medische Afdeling beproefd.

Als zijtak van de ontwikkeling van kathodestraalbuizen, onder te hulp roepen van de ervaring op het gebied van hoge spanningen, ontstond, in samenwerking met het Laboratorium voor Technische Physica der T.H. te Delft, een electronenmicroscoop met magnetische electronenoptiek. Een apparaat voor 100 kV is in de handel gebracht; in het laboratorium is bovendien een experimenteel apparaat voor 400 kV geconstrueerd. Onlangs is, voortbouwend op vroegere proeven van Burgers, een emissie-electronenmicroscoop ontwikkeld, waarmee verschijnselen aan het oppervlak van metalen (rekristallisatie) met een vergroting van 1000 × kunnen worden waargenomen.

Voor het detecteren en meten van röntgenstralen en andere stralen werden *Geiger-Müller*-tellers met bijbehorende apparatuur gemaakt, en er werd een speciale electrometer met vibrerende condensator ontwikkeld, die o.a. kan worden aangesloten aan een dosimeter voor röntgenstralen.

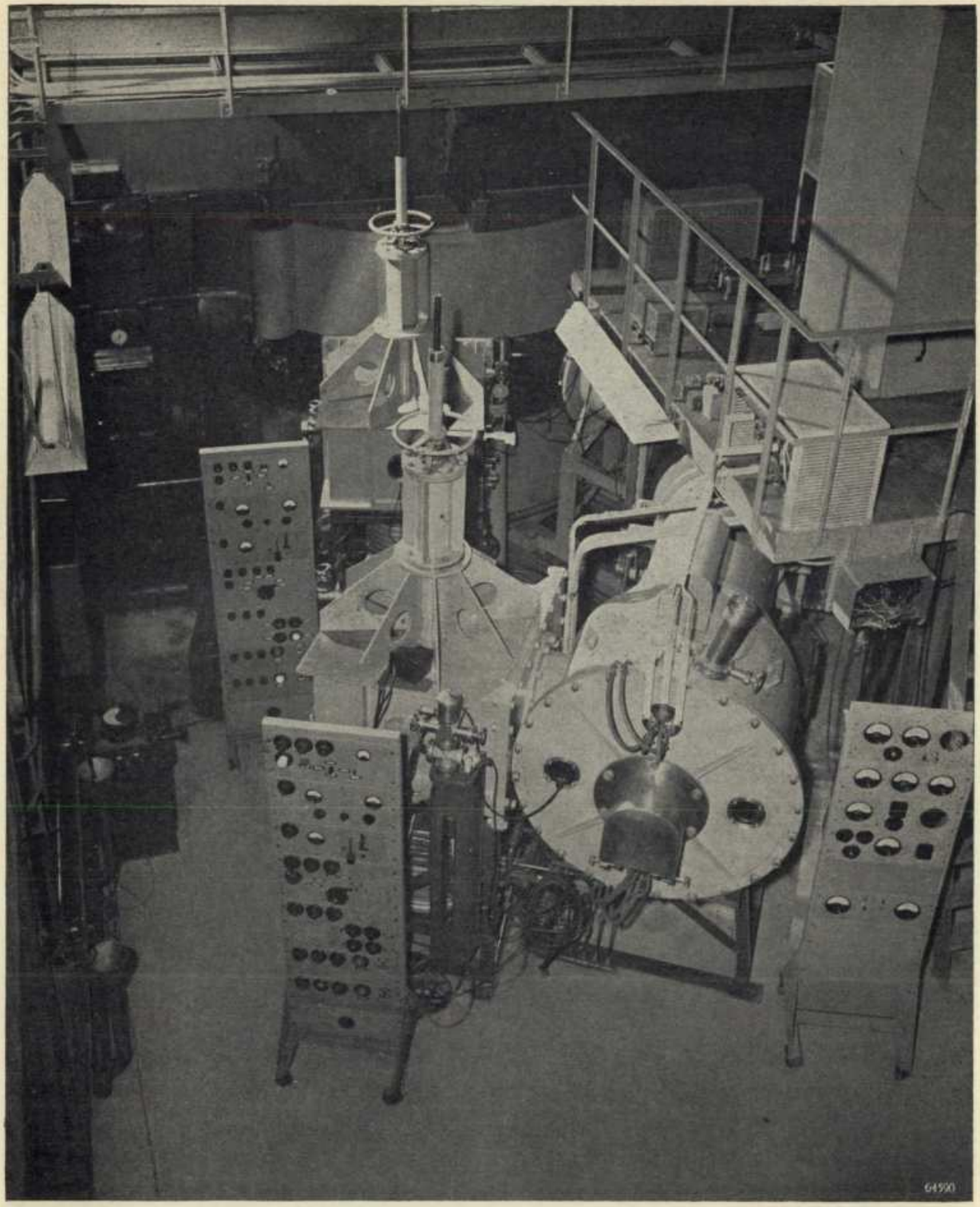
Het kernphysisch onderzoek ten slotte voerde, behalve tot de constructie van neutronen-generatoren met ionenversnellingsbuis (maximale spanning

67065

Draagbare *Geiger-Müller*-teller voor het aantonen van β- en γ-straling, geheel gevoed uit batterijen die zich in het toestel bevinden. De teller reageert duidelijk op de straling die uitgaat van de lichtgevende verf op de wijzers van een horloge.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



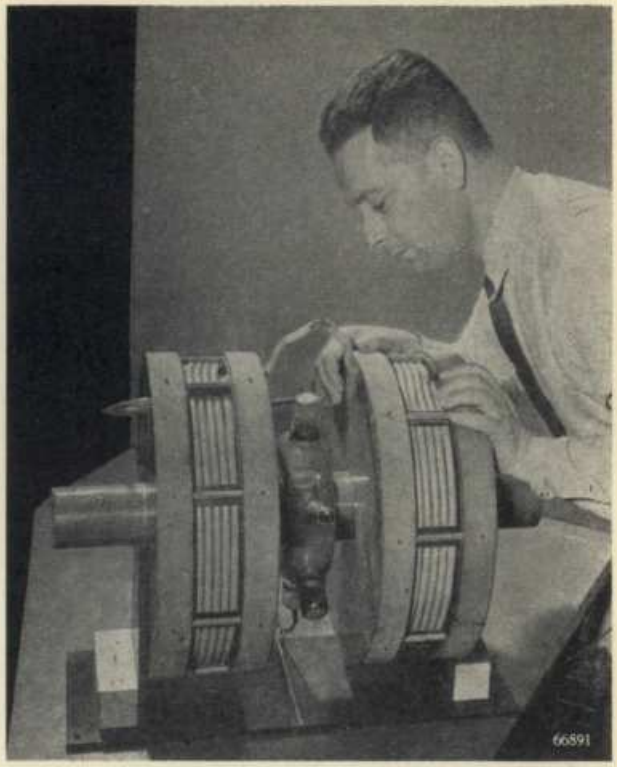
Het synchrocyclotron in het Instituut voor Kernphysisch Onderzoek te Amsterdam. Dit cyclotron produceert continu deuteronen van 28 millioen electronvolt energie. Op de achtergrond de electromagneet. Tussen de polen ervan, waar een maximale inductie heerst van 1,38 Wb/m², bevinden zich de twee „Dee's" (niet zichtbaar op de foto), waarbinnen de deuteronen spiraalvormige banen beschrijven. Tussen de Dee's staat een wisselspanning met een topwaarde van 15 kV en een frequentie van ongeveer 10,7 MHz. De modulator (op de voorgrond, rechts) varieert de frequentie periodiek met een bedrag van 4 %, teneinde althans een gedeelte van de deuteronen op de gewenste banen te houden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

1,2 MV), tot de bouw van een synchrocyclotron, dat te Amsterdam is opgesteld en waarmee bijv. deuteronen tot een energie van 28 MeV kunnen worden versneld.

Verder werd een experimenteel bêtatron met luchtspoelen ontwikkeld, dat electronen tot 9 MeV kan versnellen.



Betatron, waarmee aan electronen een energie van 9 millioen eV kan worden gegeven. De electronen lopen rond in de ringvormige glazen buis, die men in het midden ziet. Het bijzondere van de verdere constructie is, dat voor het magneetveld geen ijzeren juk is gebruikt.

Slotwoord

In het voorgaande hebben wij getracht een overzicht te geven van de activiteit van het Natuurkundig Laboratorium in de bijna 40 jaren, waarin het met de thans 60-jarige fabriek is verbonden geweest.

De schrijver is zich ervan bewust dat in dit overzicht vele onderwerpen niet of slechts zeer beknopt ter sprake zijn gekomen, mede omdat de plaatsruimte dit niet toeliet.

De lezer zal, bij het doorbladeren van de in dit tijdschrift geregeld verschijnende „Overzichten van wetenschappelijke publicaties" en van de jaarregisters, zelf wellicht het hier gegeven résumé nog weten aan te vullen.

W. de Groot.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

TITELS VAN BOEKEN, GESCHREVEN DOOR MEDEWERKERS VAN HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM *)

G. Holst, Electrische lichtbronnen en hare eigenschappen, Haarlem, de Erven Boon, 1920.

A. Bouwers, Physica en techniek der Röntgenstralen, Deventer, Kluwer, 1927.

A. E. van Arkel en J. H. de Boer, Chemische binding als electrostatisch verschijnsel, Amsterdam, Centen, 1930, (Supplement 1937).
id. id., Chemische Bindung als elektrostatische Erscheinung, Leipzig, Hirzel, 1931.
id. id., La valence et l'électrostatique, Paris, Alcan, 1936.

J. H. de Boer, Electron emission and adsorption phenomena, Oxford, Univ. Press, 1935.
id., Elektronenemission und Adsorptionserscheinungen, Leipzig, Barth, 1937.

W. Uyterhoeven, Elektrische Gasentladungslampen, Berlin, Springer, 1938.

A. Bouwers, Elektrische Höchstspannungen, Berlin, Springer, 1938.

A. E. van Arkel, Moleculen en kristallen, Den Haag, van Stockum, 1941.

W. G. Burgers, Rekristallisation, verformter Zustand und Erholung, Handbuch der Metallphysik III, Leipzig, Akad. Verl. Ges., 1941.

H. Bruining, Die Sekundär-elektronenemission fester Körper, Berlin, Springer, 1942.

P. J. Bouma, Kleuren en kleurindrukken, Amsterdam, Meulenhoff en Co, 1947. Ook in Engels, Frans en Duits, uitgave N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Afd. techn. en wetensch. Literatuur.

E. J. W. Verwey en J. Th. G. Overbeek, Theory of the stability of lyophobic colloids, Amsterdam, Elsevier P.C., 1948.

J. L. Snoek, New developments in ferromagnetic materials, Amsterdam, Elsevier P.C., 1948.

F. A. Kröger, Some aspects of the luminescence of solids, Amsterdam, Elsevier P.C., 1948.

J. M. Stevels, Progress in the theory of the physical properties of glass, Amsterdam, Elsevier P.C., 1948.

H. Bremmer, Terrestrial radio waves, Amsterdam, Elsevier P.C., 1949.

Balth. van der Pol en H. Bremmer, Operational Calculus, based on the two-sided Laplace-integral, Cambridge, Univ. Press, 1950.

W. Elenbaas, The high-pressure mercury vapour discharge, Amsterdam, Noord-Holl. Uitg. Mij, 1951.

*) In deze lijst zijn niet opgenomen boeken waarvan de inhoud niet direct verband houdt met het laboratoriumwerk, een aantal bijdragen tot handboeken, e.d.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!